



Universidad  
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Mecánica

PROYECTO FIN DE CARRERA

DESARROLLO E  
IMPLANTACIÓN DE  
PROCEDIMIENTO DE  
ENSAYO Y CALIBRACIÓN  
DE UN BANCO DE  
POTENCIA DE TURISMOS

Autor: D. Jorge González Alarcón

Tutor: Dr. D. José Luis San Román García

Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica

Leganés, Octubre 2010

# AGRADECIMIENTOS

---

Quisiera dedicar este proyecto a mi familia, a mi padres y mi hermana, pero muy especialmente a mi abuela Isabel, que tanto le hubiera gustado llegar a ver este momento y no lo logró.

A mi novia, Sara, nunca tendré suficientes palabras para agradecer su apoyo y amor incondicional.

Me gustaría agradecer a mi director de proyecto, José Luis San Román, por su paciencia y apoyo en todos estos años. A Vicente Díaz, por la oportunidad que un día me dio y el apoyo recibido en todo este tiempo.

Agradecer a Ricardo y Susana por su amistad, ayuda y ánimo en todo este tiempo.

A mis compañeros de la universidad, así como los de la beca en el Laboratorio, por todos los buenos momentos vividos y de los que nunca me olvidaré.

Por todos vosotros hoy soy quien soy, ¡GRACIAS!



# INDICE GENERAL

---

---

1.- INTRODUCCIÓN	14
1.1. Objeto	15
1.2. Antecedentes	16
1.2.1. Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA)	
1.2.2. Centro de Diagnosis de Vehículos (CDV)	
1.3. Métodos de medición de potencia y par	17
1.3.1. Definiciones	
1.3.2. Corrección de la Potencia	
1.3.3. Bancos de Potencia	
2.- INSTALACIÓN	26
2.1. Descripción general del equipo	27
2.1.1. Conjunto de rodillos	
2.1.2. Módulo de mando y evaluación Bosch FLA 203	
2.1.3. Módulo de evaluación Bosch FSA 560	
2.1.4. Distribuidor de señales	
2.1.5. Módulo contador de revoluciones	
2.1.6. Mando a distancia	
2.1.7. Monitor y teclado	
2.1.8. Brazo giratorio con soporte para mando a distancia	
2.1.9. Conjunto de rodillos guía	
2.1.10. Módulo de ensayo para motocicletas	
2.2. Descripción de los elementos auxiliares	37
2.2.1. Soplante	
2.2.2. Extractor de humos	
2.2.3. Cintas tensoras	
3.- PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	40
3.1. Instrucciones de Seguridad	41
3.2. Preparativos	42
3.2.1. Turismos	
3.2.2. Motocicletas	
3.3. Estructura del programa	49
3.4. Posibilidades de medición	50
3.4.1. Potencia Motor	
3.4.2. Potencia a la rueda	
3.4.3. Fuerza de tracción	
3.4.4. Simulación a la conducción	

---

3.4.5. Aceleración	
3.4.6. Recorrido	
3.4.7. Control de Tacómetro	
3.4.8. Lectura	
3.4.9. Configuración	
4.- DISEÑO DE LOS ÚTILES DE CALIBRACIÓN.	81
4.1. Consideraciones previas	82
4.2. Estudio dimensional	83
4.3. Estudio geométrico	87
5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	94
5.1. Consideraciones e instrumentación	95
5.1.1. Instrumento a calibrar	
5.1.2. Instrumentos y patrones usados para la calibración	
5.2. Procedimiento de medida	102
5.2.1. Procedimiento de medida de fuerza	
5.2.2. Procedimiento de medida de distancia	
5.3. Procedimiento de calibración	104
5.3.1. Requisitos previos	
5.3.2. Ejecución de la calibración del sistema de fuerza	
5.3.3. Ejecución de la calibración del sistema de velocidad	
5.4. Cálculo de la incertidumbre asociada a la calibración	106
5.4.1. Cálculo de la incertidumbre asociada al sistema de medida de fuerza.	
5.4.2. Cálculo de la incertidumbre asociada al sistema de medida de distancia.	
6.- MANTENIMIENTO	120
6.1. Juego de rodillos	121
6.2. Freno de corrientes parásitas	121
6.3. Rodamientos de los rodillos	121
6.4. Grupo hidráulico	121
7.- CONCLUSIONES	122
8.- DESARROLLOS FUTUROS	124
BIBLIOGRAFÍA	126
ANEXO I: CURVAS DE POTENCIA	128
ANEXO II: PLANOS DE LOS ÚTILES DE CALIBRACIÓN.	144

---





# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1.1. Vista exterior del CDV de la ITV de la Comunidad de Madrid	16
Ilustración 1.2. Curva característica de un motor	18
Ilustración 1.3. Curvas características de motores de gasolina	23
Ilustración 1.4. Curvas características de motores diesel	23
Ilustración 2.1. Mando de control	27
Ilustración 2.2. Rodillos de prueba	27
Ilustración 2.3. Rodillos de prueba 3D	28
Ilustración 2.4. Freno de corrientes Foucoult	28
Ilustración 2.5. Célula de carga	29
Ilustración 2.6. Ruedas dentadas solidarias a los rodillos	29
Ilustración 2.7. Módulo de mando y evaluación	30
Ilustración 2.8. Módulo de mando Bosch FSA 560	31
Ilustración 2.9. Distribuidor de señales.	31
Ilustración 2.10. Captador de revoluciones	32
Ilustración 2.11. Asignación de teclas del mando a distancia	33
Ilustración 2.12. Teclado	34
Ilustración 2.13. Brazo giratorio y soporte del mando a distancia	35
Ilustración 2.14. Rodillo guía izquierdo	35
Ilustración 2.15. Bancada específica para motocicletas	36
Ilustración 2.16. Bancada de motocicletas montada en el banco de potencia	37
Ilustración 2.17. Soplante	37
Ilustración 2.18. Extractor de humos	38
Ilustración 2.19. Cinta tensora	39
Ilustración 3.1. Pantalla principal de banco de potencia	42
Ilustración 3.2. Colocación de las cintas de sujeción	43
Ilustración 3.3. Colocación del sensor de revoluciones sobre el motor	44
Ilustración 3.4. Colocación del mando a distancia en el interior del vehículo	45
Ilustración 3.5. Colocación de la campana del sistema de extracción	45
Ilustración 3.6. Colocación del soplante	46
Ilustración 3.7. Colocación del dispositivo de sujeción al banco de potencia	47
Ilustración 3.8. Colocación de las chapas de recubrimiento	47
Ilustración 3.9. Detalle de las mordazas de sujeción	48
Ilustración 3.10. Pantalla principal	50
Ilustración 3.11. Pantalla introducción de parámetros del vehículo	51
Ilustración 3.12. Pantalla selección de tipo de vehículo	52
Ilustración 3.13. Pantalla selección tipo de tracción	53

---

Ilustración 3.14. Pantalla selección tipo de cambio	53
Ilustración 3.15. Pantalla selección tipo de motor	54
Ilustración 3.16. Captador de revoluciones	55
Ilustración 3.17. Conexiones del módulo captador de revoluciones	55
Ilustración 3.18. Pantalla selección tipo de corrección	57
Ilustración 3.19. Pantalla introducción parámetros de medición	57
Ilustración 3.20. Situación de un vehículo de tracción delantera en el banco de rodillos	58
Ilustración 3.21. Pantalla representación gráfica prueba de potencia	59
Ilustración 3.22. Pantalla representación gráfica de potencia en FSA 560	60
Ilustración 3.23. Pantalla introducción datos de velocidad y revoluciones	61
Ilustración 3.24. Pantalla guardado de datos	61
Ilustración 3.25. Pantalla representación gráfica de par y potencia	62
Ilustración 3.26. Pantalla representación tabulada de par y potencia	63
Ilustración 3.27. Pantalla representación gráfica de todas las curvas posibles	63
Ilustración 3.28. Pantalla elección del tipo de curvas disponibles	64
Ilustración 3.29. Pantalla impresión de gráfica	65
Ilustración 3.30. Pantalla guardado gráfica	65
Ilustración 3.31. Pantalla representación gráfica prueba de potencia	66
Ilustración 3.32. Pantalla introducción datos Potencia en rueda	67
Ilustración 3.33. y 3.34. Pantallas resultados de medición Potencia en rueda	68
Ilustración 3.35. Pantalla representación gráfica resultados Potencia en rueda	68
Ilustración 3.36. Pantalla introducción datos Fuerza tracción	69
Ilustración 3.37. y 3.38. Pantallas resultados de medición Fuerza de tracción	70
Ilustración 3.39. Pantalla representación gráfica resultados Fuerza de tracción	70
Ilustración 3.40. Pantalla introducción datos Simulación de Conducción	71
Ilustración 3.41. y 3.42. Pantallas resultados de medición Simulación de Conducción	72
Ilustración 3.43. Pantalla representación gráfica resultados Simulación de Conducción	72
Ilustración 3.44. Pantalla introducción datos Aceleración	73
Ilustración 3.45. y 3.46. Pantallas resultados de medición Aceleración	74
Ilustración 3.47. Pantalla introducción datos Recorrido	74
Ilustración 3.48. y 3.49. Pantallas resultados de medición Recorrido	75
Ilustración 3.50. Pantalla introducción datos Control de Tacómetro	76
Ilustración 3.51. y 3.52. Pantallas resultados de medición Control Tacómetro	77
Ilustración 3.53. Pantalla representación gráfica resultados Control Tacómetro	77
Ilustración 3.54. Pantalla introducción número de memoria	78
Ilustración 3.55. Pantalla configuración del sistema	79
Ilustración 4.1. Puntos de anclaje del útil de calibración	82
Ilustración 4.2. Patrón de conexión de los puntos A, B y C.	82

---

---

Ilustración 4.3. Brazo de calibración BRAZO01 montado sobre APOYO01	83
Ilustración 4.4. Reparto estructural de fuerzas en el útil de calibración	85
Ilustración 4.5. Dirección y sentido de la fuerza de la rueda sobre el rodillo	86
Ilustración 4.6. Vista general de la BARRA01	88
Ilustración 4.7. Vista general de la BARRA01 con contrapeso	90
Ilustración 4.8. Vista general de la BARRA02	91
Ilustración 4.9. Vista general de la BARRA02 con contrapeso	93
Ilustración 4.10. Puntos de anclaje de la BARRA02	94
Ilustración 4.11. Puntos de anclaje de la BARRA01	94
Ilustración 5.1. Sentido de giro de los rodillos del banco de potencia	96
Ilustración 5.2. Cadena cinemática del banco de potencia	97
Ilustración 5.3. Cadena cinemática del banco de potencia, vista desde otro lateral	97
Ilustración 5.4. Esquema de fuerzas aplicadas en la célula de carga	98
Ilustración 5.5. Ruedas dentadas solidarias con los rodillos	98
Ilustración 5.6. Dirección y sentido de la fuerza de la rueda sobre el rodillo	102
Ilustración 5.7. Fuerza ejercida por la masa patrón	102
Ilustración 5.8. Variación de las distancias en la barra de calibración	108
Ilustración 5.9. Dirección y sentido de la fuerza normal sobre el rodillo	114
Ilustración 6.1. Vista superior del banco de potencia	120
Gráfica 4.1. Puntos de calibración del Banco de Potencia, en Newtons	84
Tabla 4.1. Estudio de las posibles distancias de aplicación de fuerza	87
Tabla 4.2. Estudio del centro de gravedad de la BARRA01	89
Tabla 4.3. Estudio del centro de gravedad de la BARRA02	92
Tabla 5.1. Factor de cobertura k para una probabilidad del 95,45%	115



# 1. INTRODUCCIÓN

---



## 1.1. Objeto

Este proyecto de fin de carrera tiene por objeto:

- Definir los pasos a seguir para el uso del banco de potencia de turismos Bosch FLA 203, instalado en el Centro de Diagnóstico de Vehículos de la ITV de Getafe.
- Proponer un procedimiento para realizar una calibración del mismo banco de potencia destinado a medir la potencia y par de los turismos.
- Diseño del utillaje para la calibración.
- Detallar los elementos usados en dicha calibración.
- Definir la función asociada al cálculo de incertidumbre.

## 1.2. Antecedentes

El proyecto se lleva a cabo mediante un acuerdo del Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles “Duque de Santomauro”, perteneciente a la Universidad Carlos III de Madrid y la ITV de la Comunidad de Madrid S.A. de Getafe.

### 1.2.1. Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA)

Este laboratorio desarrolla su actividad en diferentes campos del sector de la automoción y del transporte:

- El laboratorio de vehículos, perteneciente al Instituto ISVA, está autorizado por el MCYT, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4 punto 1.2 del R.D. 736/1998, para la emisión de certificados de laboratorio relativos a todas reformas de importancia que están tipificadas en el Manual de Reformas de Importancia.
- Laboratorio oficial de Catalogación de Vehículos Históricos de la Comunidad de Madrid.
- Laboratorio de Calibración de Equipos ITV (LABITV), centra su campo de actividad en la calibración de los equipos utilizados por las entidades de Inspección Técnica de Vehículos (ITV).



### 1.2.2. Centro de Diagnóstico de Vehículos (CDV)

Se encuentra situado dentro del recinto de la ITV de la Comunidad de Madrid S.A. de Getafe, km 15,400 de la Carretera de Andalucía (A-4).

Inaugurado en 2002, el CDV es un centro de diagnóstico de vehículos multimarca (Turismos e industriales ligeros) con el objetivo de hacer un diagnóstico exhaustivo del estado del vehículo, de los elementos de seguridad y otros sistemas susceptibles de tener averías.



*Ilustración 1.1. Vista exterior del CDV de la ITV de la Comunidad de Madrid*

Entre los sistemas a revisar por el centro se encuentran:

- Sistemas mecánicos (dirección, frenos, suspensión, etc...)
- Carrocería (cotas)
- Sistemas eléctricos
- Aire Acondicionado
- Motor y emisiones (potencia, par, valores de CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> y O<sub>2</sub>)

### 1.3. Métodos de medición de potencia y par

Las razones por la que se utilizan motores de combustión interna para automóviles pueden resumirse en:

- Buena relación potencia/peso.
- Consumo de combustible aceptable. Cada vez se consiguen menores consumos para motores con más potencia.
- Bajo precio.
- Combustible económico y relativamente abundante. Actualmente también se están diseñando coches híbridos que utilizan energía eléctrica y gasolina.
- Posibilidad de controlar el régimen de operación de forma sencilla.
- Mantenimiento reducido.
- Buenas prestaciones en cuanto a vida del motor.

Estas características hacen de los vehículos un medio de transporte totalmente instalado en las personas.

#### 1.3.1. Definiciones

- **Potencia**

Por definición, la potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo. Dicho de otra manera, la potencia mide la rapidez con que se efectúa un trabajo:

$$N = \frac{F \cdot e}{t} \quad (1.1)$$

donde:

t = tiempo que se tarda en recorrer una determinada distancia.

N = Potencia (W).

F = Fuerza aplicada (N).

e = Espacio recorrido (m).

Efectuar un trabajo en menor tiempo, o efectuar más trabajo en un mismo intervalo de tiempo implican necesariamente poner en juego mayor potencia.

- **Par motor**

El par motor representa la capacidad que tiene un motor para producir trabajo, mientras que la potencia es la medida de la cantidad de trabajo realizado por el motor en un determinado tiempo (Ilustración 1.2.). Si se refiere a un vehículo se puede decir que el par motor mide la capacidad de mover cargas, mientras la potencia mide cuán rápido se hizo ese transporte.

$$N = M \cdot \omega \quad (1.2)$$

donde:

N = Potencia (W).

M = Par motor (N m).

$\omega$  = Velocidad angular (rad/s).

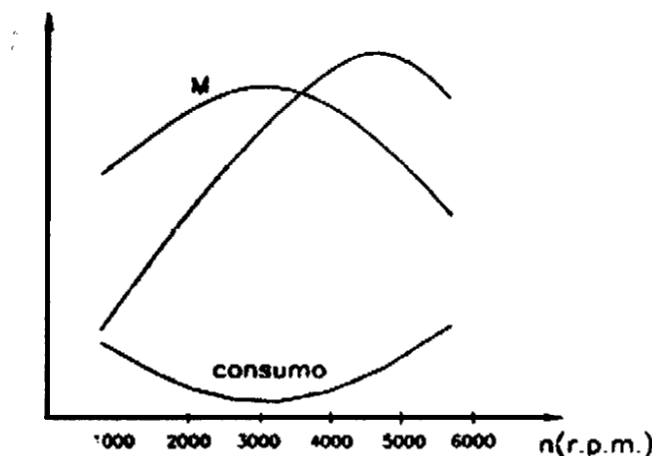


Ilustración 1.2. Curva característica de un motor

En un motor la curva de par motor expresa la capacidad de efectuar trabajo que tiene dicho motor a medida que varían las r.p.m. (revoluciones por minuto). El par motor está directamente relacionado con la fuerza que es capaz de ejercer sobre el piso las ruedas tractoras, capacidad que se verá multiplicada por la caja de velocidades y el diferencial. A mayor par motor, mayor capacidad de arrastre tendrá el vehículo.

Las curvas características de un motor de combustión interna son las que indican, en función de la velocidad de rotación del motor, la potencia, el par y el consumo

específico del mismo. Dichas curvas están incluidas en un rango de revoluciones, debajo del cual el motor funciona muy irregularmente y/o tiende a apagarse y si se sobrepasa el límite superior los elementos mecánicos están muy cerca de sufrir daños irreparables o rupturas irreparables. Estos dos extremos determinan el campo de utilización de un motor.

La curva de potencia crece progresivamente hasta un valor determinado que indica su valor máximo, después decrece rápidamente hasta el límite máximo de utilización del motor. El descenso de potencia, más allá de dicho valor se debe a la disminución del rendimiento volumétrico del motor.

La curva de par del motor no es tan pronunciada como la de potencia, es decir, tiende a ser más horizontal, pero sin perder su concavidad. También crece al aumentar las revoluciones del motor pero su progresión es menor. El par máximo se encuentra a un menor nivel de revoluciones que la potencia máxima pero a la vez el decrecimiento del par es mucho más lento al aumentar la velocidad de giro. La elasticidad de un motor se conoce como el intervalo entre el par máximo del motor y su potencia máxima.

Por otra parte, la presión, la temperatura y humedad influyen en el rendimiento del motor y por tanto en los valores de su respuesta en un régimen dado.

Cuando al motor funciona con admisión cerrada, operando en contra presión ofrece un par resistente variable con la velocidad,  $M_c$ .

El momento  $M_c$  y el de plena admisión  $M_a$ , pueden ser expresados analíticamente mediante una ecuación lineal, el primero, y un polinomio de cuarto grado el segundo, en función de la velocidad angular del motor como se indica en las siguientes ecuaciones:

$$M_a = M_{ao} + \sum_{i=1}^4 K_i \cdot \omega_m^i \quad (1.3)$$

$$M_c = M_{co} - K_5 \cdot \omega_m \quad (1.4)$$

Donde  $K_5$  y  $K_i$  son constantes que multiplican la velocidad angular  $\omega_m$ .

Por otra parte el par de salida del motor  $M_m$  varía entre los valores de  $M_a$  y  $M_c$ , dependiendo de la apertura de la admisión, la cual, a su vez depende de la posición del acelerador ( $u$ ).

Suponiendo que existe una relación lineal entre  $M_m$  y el recorrido  $u$ , correspondiéndose el valor  $u = 0$  (a ralentí) con  $M_c$  y  $u = u_{\max}$  con  $M_a$  se obtiene:

$$M_m = \frac{u}{u_{\max}} \cdot M_a - \left(1 - \frac{u}{u_{\max}}\right) \cdot M_c \quad (1.5)$$

---

En consecuencia:

$$M = M_m \cdot (\omega_m \cdot u) \quad (1.6)$$

$$H_m = M_m \cdot \omega_m = H_m \cdot (\omega_m \cdot u) \quad (1.7)$$

- **Potencia Neta**

La potencia neta se define como la potencia obtenida en un cigüeñal o pieza semejante en el banco de pruebas al número de revoluciones indicado por el fabricante estando dotado el motor de los elementos normales necesarios para el fin previsto.

- **Potencia Bruta (Potencia útil)**

La definición de potencia bruta es parecida a la de potencia neta pero no se requiere equipo normal, sino que también permite el del banco de pruebas, tampoco son imprescindibles todos los componentes del equipo prescritos en la “potencia neta”.

### 1.3.2. Corrección de la Potencia

Un factor de corrección es una estimación para corregir el valor de potencia de un motor bajo diferentes condiciones atmosféricas.

Los factores de corrección son necesarios porque el mismo motor puede producir más o menos potencia bajo diferentes condiciones atmosféricas.

Por ejemplo, el volumen de aire aumentará con el incremento de temperatura (considerando que la presión permanece constante) de acuerdo a la ley de los gases ideales el mismo se hace menos denso. Por consiguiente el aire contiene menos moléculas de oxígeno en el mismo volumen a altas temperaturas que a bajas temperaturas y la cantidad de oxígeno afecta significativamente a la combustión.

Un motor de explosión es una máquina que se alimenta de aire y de combustible. Del aire toma el oxígeno, y con ese oxígeno logra generar calor mediante la oxidación o combustión del combustible.

La potencia y el par de un motor dependerán fundamentalmente de la cantidad de combustible que se logre quemar en cada ciclo del motor, y de las r.p.m. a que haga

girar dicho motor. La cantidad de oxígeno que es posible hacer ingresar a un cilindro dependerá de la densidad del aire que ingrese.

Lo mismo ocurre con la presión atmosférica, a menor presión el aire se torna menos denso y bajan el par y la potencia del motor.

La humedad afecta directamente en el desempeño de motor porque el vapor de agua disuelto en el aire ocupa volumen. Ese volumen es en definitiva volumen que se resta al del aire puro. Es decir que estas partículas de agua están ocupando espacio del aire que podría contener más oxígeno.

Los motores producen más potencia con el aire frío y seco (y con alta presión atmosférica) que funcionando con altas temperaturas y con gran humedad.

### **Estándares**

La potencia de un motor de combustión interna debería ser más o menos la misma independientemente del lugar geográfico donde se mida, pero en la medición de un motor influyen de manera muy importante las condiciones ambientales en el momento de la medición: presión atmosférica (y altura sobre el nivel del mar), humedad y temperatura.

Para salvar estos inconvenientes se han establecido condiciones estándares de referencia que especifican presión, temperatura y humedad a las que deben referirse todas las mediciones en los motores para poder hacer repetibles estos ensayos, haciéndolos comparables con otras mediciones también corregidas. De esta manera puedo comparar valores obtenidos en condiciones climáticas y geográficas muy diferentes. Estos estándares están especificados en distintas normas internacionales entre las que se destacan las normas CEE, DIN y SAE.

- **Norma CEE**

La norma reguladora de la medida de potencia en la Comunidad Europea es la 88/195/CEE, que es una revisión de la 80/195/CEE. Dicha norma establece que para el cálculo de la potencia corregida ( $N_{ec}$ ) se emplea el factor de corrección  $K_a$ , para lo que se distingue entre motores de aspiración natural (N.A.) y motores con turbocompresor (T.C.), utilizándose las expresiones siguientes:

$$N_{ec} = N_e \cdot K_a \quad (1.8)$$

donde:

$$(N.A.): \quad K_a = \left[ \left( \frac{990}{P_a} \right) \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0.7} \right]^{f_m} \quad (1.9)$$

$$(T.C.): \quad K_a = \left[ \left( \frac{990}{P_a} \right)^{0.7} \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{1.5} \right]^{f_m} \quad (1.10)$$

$$f_m = 0.036 \cdot \frac{q}{r} - 1.14 \quad \text{Si} \left( 40 \leq \frac{q}{r} \leq 65 \right) \quad (1.11)$$

$$f_m = 0.3 \quad \text{Si} \left( \frac{q}{r} < 40 \right) \quad (1.12)$$

$$f_m = 1.23 \quad \text{Si} \left( \frac{q}{r} > 65 \right) \quad (1.13)$$

donde:

$T_a$  = Temperatura ambiental (K).

$P_a$  = Presión ambiental (Kpa).

$q$  = Consumo específico de carburante

$r$  = Relación de compresión del compresor (1 si no la tiene).

- **Norma DIN**

La norma reguladora de la medida de potencia en Alemania es la DIN 70020. Esta norma no hace distinción entre motores atmosféricos o con turbocompresor. La expresión para el cálculo del factor de corrección es:

$$K_a = \frac{1013}{P_a} \cdot \left( \frac{T_a}{293} \right)^{0.5} \quad (1.14)$$

donde:

$T_a$  = Temperatura ambiental (K).

$P_a$  = Presión ambiental (Kpa).

- **Norma SAE**

La norma reguladora de la medida de potencia para la Sociedad de Ingeniería Automotriz (Society of Automotive Engineer) es la SAE J1349. Para esta norma existen tres diferentes cálculos del factor de corrección dependiendo si el motor es de aspiración atmosférica de gasolina (M.G.), motor de aspiración o con sobrealimentación mecánica para motores Diesel (M.D.) y motores turbodiesel (M.T.D.). Utilizándose las siguientes expresiones para el cálculo del factor de corrección:

$$(M.G.): \quad K_a = \left( \frac{990}{P_a} \right)^{1,2} \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0,6} \quad (1.15)$$

$$(M.D.): \quad K_a = \left[ \left( \frac{990}{P_a} \right) \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0,7} \right]^{f_m} \quad (1.16)$$

$$(M.T.D.): \quad K_a = \left[ \left( \frac{990}{P_a} \right)^{0,7} \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{1,5} \right]^{f_m} \quad (1.17)$$

donde:

$T_a$  = Temperatura ambiental (K).

$P_a$  = Presión ambiental (Kpa).

Los valores del factor del motor ( $f_m$ ), son los mismos que para la norma CEE.

### 1.3.3. Bancos de Potencia

La evaluación de las curvas de par y potencia de un motor en un vehículo es fundamental para prever su comportamiento dinámico. Para conseguir dicha información se utilizan los llamados bancos de potencia. Los fabricantes suministran las curvas características (ver figuras 1.2 y 1.3) que dependen del motor y del resto de los componentes técnicos del vehículo.

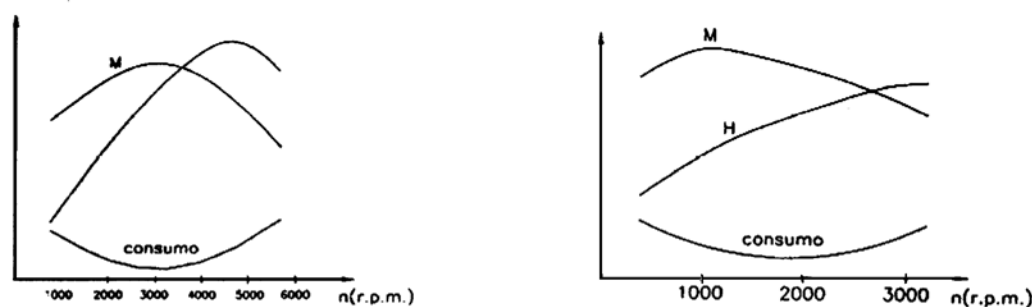


Fig. 1.3. Descripción e implementación de procedimiento de ensayo y calibración de un banco de potencia de turismos



*Ilustración 1.3. Curvas características de motores de gasolina**Ilustración 1.4. Curvas características de motores diesel*

Cuando el motor está montado en el vehículo, las pruebas se realizarán mediante bancos de rodillos. Para la elaboración de dichas curvas no hace falta hacer ningún despiece del motor. Esto hace que el análisis de potencia sea rápido y preciso ya que simula el funcionamiento del vehículo en una situación real. El ensayo se realiza introduciendo la rueda o ruedas tractoras, dependiendo del vehículo utilizado, en unos rodillos. De esta forma, se evalúan el par y potencia en rueda del vehículo pudiendo a partir de estos valores obtener la potencia y par que suministra el motor.

No hay que olvidar que la potencia utilizada para mover el vehículo es la potencia en rueda y no en el motor ya que desde el motor hasta las ruedas a través de la cadena cinemática existen pérdidas de potencia.

Existen principalmente dos tipos:

- **Banco de Potencia tipo inercial**

El principio sobre el que se inspira el banco de pruebas es el principio de inercia, a través de la medición (por codificador óptico incremental) de la aceleración que el rodillo experimenta gracias al motor del vehículo sometido a aceleración, método por el cual es posible medir el par motor, también conocida como par o torque. Un método que se basa sobre un principio absoluto y que garantiza una gran precisión, resultando apto para motores de cualquier potencia. En efecto, puede someterse a ensayo todo el vehículo o el motor únicamente, ya sea de automotores, motocicletas, scooters o karts, con cambio manual o automático.

Existe la posibilidad de adquirir la temperatura de los gases de escape, de adquirir los datos relativos a la carburación desde la sonda Lambda, de medir la temperatura del agua del motor o bajo-bujía así como de adquirir las revoluciones (rpm) del motor directamente a través del sensor *ad hoc* (pinza).

- **Banco de potencia tipo frenado**

Los bancos de prueba de potencia frenados son útiles en todos aquellos casos en que se desea valorar el rendimiento del motor sujeto a condiciones de esfuerzo. Con el software es posible activar el freno, forzar el motor y simular las diversas condiciones reales como ser la resistencia aerodinámica, las condiciones en carretera y el efecto de cargas y pendientes. Es asimismo posible realizar las pruebas finales de los motores y en particular, su mapeado.

---

Mientras el rodillo o el volante gira gracias a la acción del empuje del motor, el freno por corrientes parásitas (pilotado desde el software) mantiene el motor frenado en uno o más regímenes. Asimismo, puede aplicarse una carga constante al motor mientras se lleva a cabo la prueba. De este modo es posible:

1. Realizar el mapeado: comunicando al software una serie de regímenes o velocidades en las que el freno deberá actuar durante un tiempo necesario.
2. Realizar una prueba de rodaje del motor: repitiendo un ciclo de mapeado un número de veces.
3. Aplicar una carga constante al motor: para simular condiciones particulares como ser el efecto que un remolque tiene sobre el rendimiento del vehículo.
4. Realizar una prueba combinada aceleración-frenada: mientras el vehículo está acelerando en el banco como si fuera la carretera, interviene el freno por corrientes parásitas, suministrando una carga resistente de tipo cuadrática de modo que la potencia resultante comprenda también esta carga. La ley cuadrática de frenado es la que se usa típicamente para simular las condiciones de rozamiento en carretera y la resistencia aerodinámica. Por consiguiente, puede aplicarse este ensayo para realizar una prueba de simulación de carretera.
5. Aplicar una carga variable al motor: para simular las condiciones en carretera del modo más fiel posible. Se suministran entonces al software, los datos necesarios para construir una curva de frenado.



## 2.- INSTALACIÓN

---

## 2.1. Descripción general del equipo

El banco de pruebas para el análisis de funciones y de potencia BOSCH FLA 203 está formado por dos componentes principales:

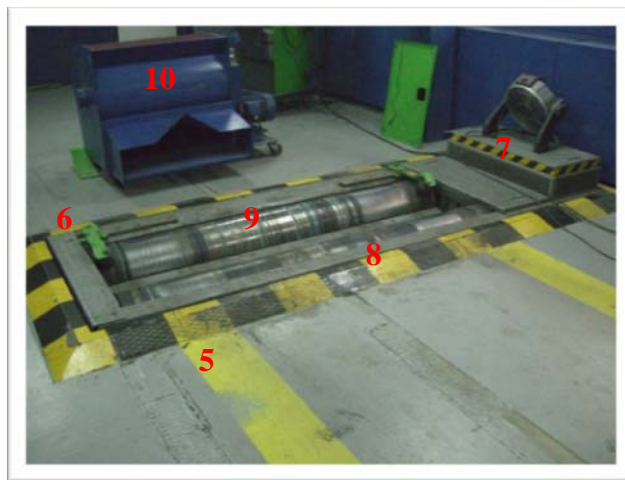
Unidad de mando e indicación, formada por módulo de mando y evaluación, pedestal, distribuidor de señales y mando a distancia. Además de un monitor de 17" con corona de giro y teclado.

Las Fotografías 1 y 2 muestran el banco de pruebas para el análisis de funciones y de potencia con los accesorios.

En las dos fotografías de conjunto se representan los distintos componentes del banco de pruebas para análisis de funciones y potencia. Los componentes están provistos de números que se explican en la leyenda de las fotografías.



*Ilustración 2.1. Mando de control*

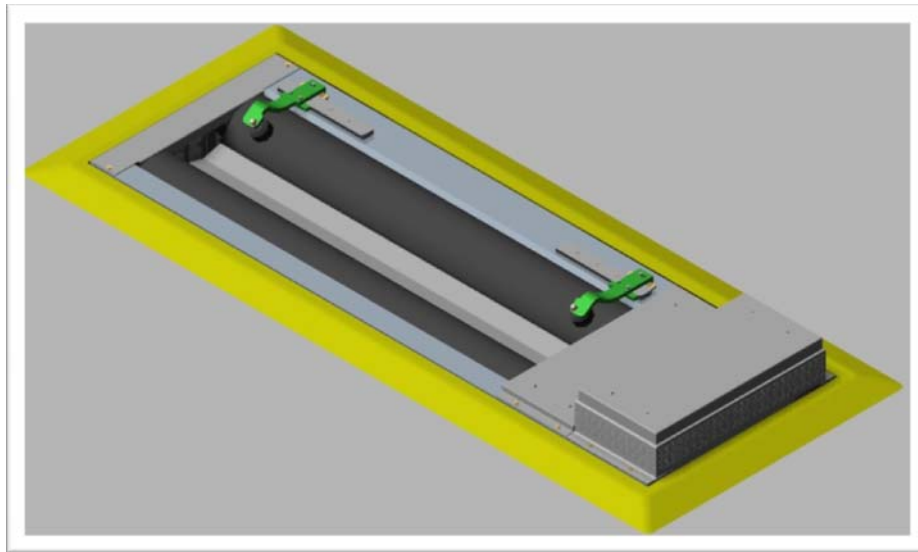


*Ilustración 2.2. Rodillos de prueba*

1. Monitor con corona de giro
2. Teclado
3. Módulo de mando (distribuidor de señales y mando a distancia).
4. Pedestal con interruptor principal
5. Marcas de guía
6. Rueda guía
7. Chapa de cubierta (con orificios de ventilación para refrigeración del freno de corriente de Foucault)
8. Pintura de aviso
9. Conjunto de rodillos (rodillos de carga y apoyo)
10. Soplane

### 2.1.1. Conjuntos de rodillos

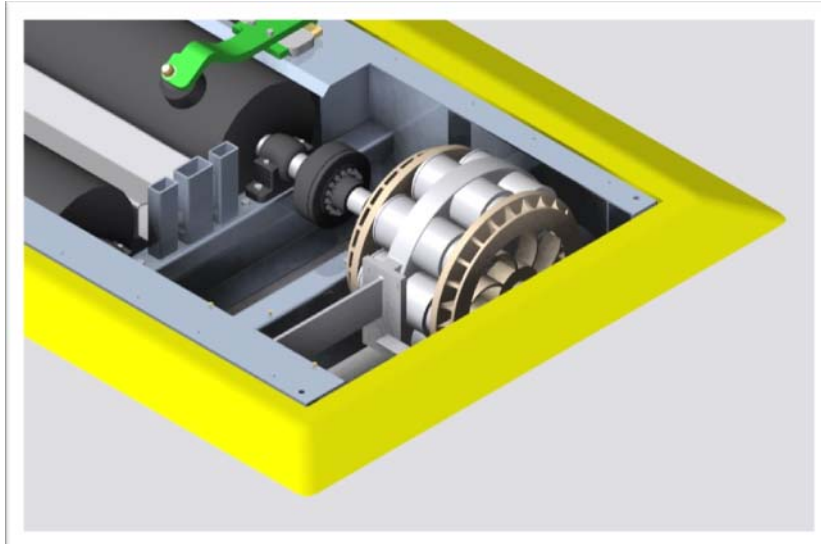
En el marco de acero galvanizado se encuentran los dos rodillos de comprobación de 318 mm de diámetro y con un ancho útil de 2.200 mm.



*Ilustración 2.3. Rodillos de prueba 3D.*

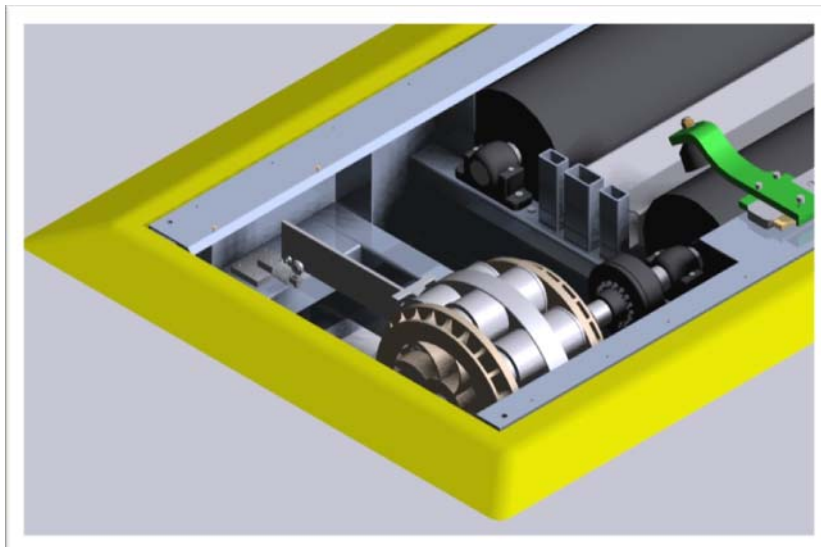
Entre los dos rodillos de comprobación se encuentra el dispositivo elevador. En estado extendido bloquea los rodillos y permite así transitar sin problemas sobre el banco de pruebas.

En el lado derecho del marco, mirando en la dirección de marcha, está montado el freno de corriente de Foucault. Este freno está unido al rodillo de comprobación a través de un embrague de compensación para evitar vibraciones en la célula de carga.



*Ilustración 2.4. Freno de corrientes Foucoul.*

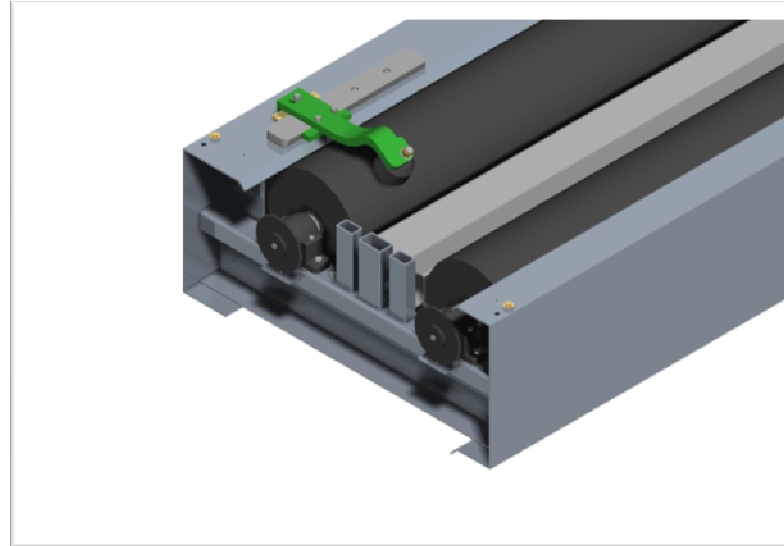
El freno de corrientes va unido por medio de un brazo de acero a una célula de carga, que es la encargada de medir la fuerza ejercida en rueda.



*Ilustración 2.5. Célula de carga.*

El grupo hidráulico, destinado a la elevación del vehículo, está montado en el foso.

En el lado izquierdo se sitúa los sensores magnéticos, enfrentados a una rueda dentada que gira solidaria con los rodillos. Existe uno en cada rodillo para detectar si existe deslizamiento entre los mismos.



*Ilustración 2.6. Ruedas dentadas solidarias a los rodillos.*

### 2.1.2. Módulo de mando y evaluación Bosch FLA 203

En el módulo de mando y evaluación está montado un ordenador con unidad de disquetes. En la parte delantera se encuentra la conexión para el distribuidor de señales.

El módulo de mando y evaluación se une al pedestal a través de la corona de giro. El módulo de mando y evaluación se puede girar. El pedestal contiene todo el hardware asociado al banco y los frenos de corriente de Foucault, posee un interruptor principal.

*Ilustración 2.7. Módulo de mando y evaluación*

1

1. Interruptor de conexión/desconexión
2. Cierre de la unidad de disquetes
3. Unidad de disquetes
4. Conexión para el cable de enlace con el distribuidor de señales



- 5. Interruptor de conexión/desconexión general
- 6. Corona de giro

### 2.1.3. Módulo de evaluación Bosch FSA 560

El módulo de mando FSA 560 está diseñado para un completo análisis del motor, con un software más moderno que el FLA 203, basado en el sistema operativo Windows XP, se utilizará para el tratamiento de las curvas de par y potencia.

El módulo esta unido a un analizador de gases y opacímetro, que junto con la prueba de potencia, se podría analizar posibles errores en el motor.



### 2.1.4. Distribuidor

En el distribuidor de los sensores de número de otro cable con el colgar del capó abierto.

temperatura del aire, de se enlazan por medio r de señales se puede



Distribuidor de señales

*Ilustración 2.9. Distribuidor de señales.*

1. Cable de enlace con el módulo de mando
2. Pinza de disparo inductiva
3. Sonda de temperatura del aire
4. Captador de pinza
5. Cable de enlace con el mando a distancia
6. Cable de conexión con masa del vehículo

### 2.1.5. Módulo contador de revoluciones

El módulo de medición de revoluciones sirve para medir revoluciones de motores diesel y gasolina provistos de alternadores trifásicos. Para medir el número de revoluciones se evalúa la ondulación residual de la tensión de salida del alternador.

Trabaja como aparato pre-conectado en combinación del distribuidor de señales.



*Ilustración 2.10. Captador de revoluciones*

1. Módulo de medición del número de revoluciones
2. Diodo de señalización del número de revoluciones
3. Cable de conexión
4. Circuito de acoplamiento por inducción de la pinza de disparo
5. Selector para el ajuste del número de cilindros

### 2.1.6. Mando a distancia

En la caja de plástico revestida de goma está alojado el teclado de operación con un visualizador LCD.



*Ilustración 2.11. Asignación de teclas del mando a distancia*

1. Selección de menús: adelante/arriba
2. Selección de menús: atrás/abajo
3. Confirmar la selección/transferir valores
4. Fin/cancelar
5. Guardar/leer/salida de resultados
6. Ventilador de aire de marcha conectado/desconectado
7. Extracción de gases de escape conectada/desconectada
8. Umbral de elevación arriba/abajo
9. Imprimir

### 2.1.7. Monitor y teclado

Para la representación gráfica de los valores medidos como curva de potencia se dispone de un monitor de 17" con articulación de giro y teclado.

El monitor se coloca sobre la unidad de mando y evaluación junto con la chapa de sujeción para el teclado y la corona de giro. La Fotografía 10 muestra el teclado con la asignación relevante de las teclas.



*Ilustración 2.12. Teclado*

1. Selección de menús: adelante/arriba
  2. Selección de menús: atrás/abajo
  3. Confirmar selección/transferir valores
  4. Fin/cancelar
  5. Teclas de función: significado cambiante
  6. Teclas numéricas: introducir parámetros de medición, cargar mediciones almacenadas
- Teclas alfabéticas

En los programas "Potencia del motor" y "Lectura" se pueden evaluar las curvas de potencia y se puede representar la curva de par.

En el programa "Control del tacómetro" se pueden visualizar en forma de diagrama los valores medidos guardados en memoria.

En los programas "Potencia a la rueda, Fuerza de tracción y Recorrido" se pueden visualizar también como diagrama los valores medidos guardados en memoria.

### 2.1.8. Brazo giratorio con soporte para mando a distancia

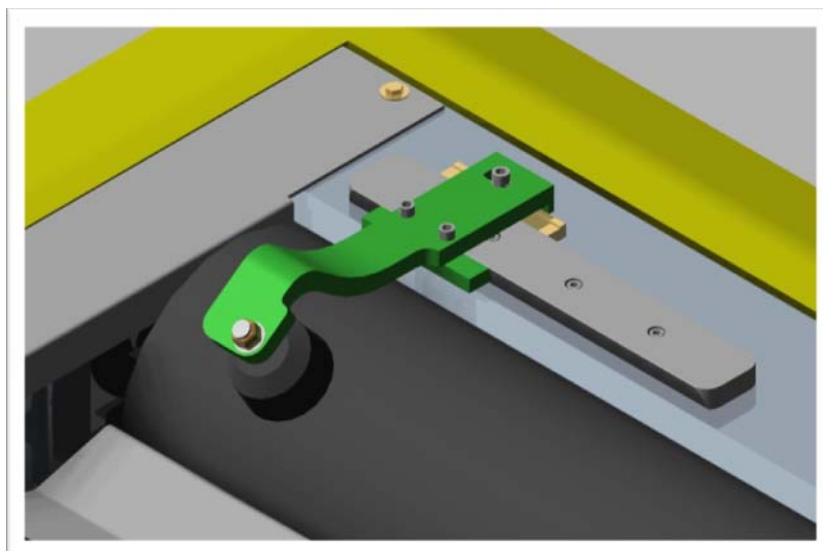
Si se utiliza el brazo giratorio, el mando a distancia resulta accesible desde el asiento del conductor (no es necesario abandonar el vehículo).



*Ilustración 2.5. Brazo giratorio y soporte del mando a distancia*

### 2.1.9. Conjunto de rodillos guía

El conjunto de rodillos guía es un dispositivo de seguridad y se tiene que utilizar para guiar y asegurar lateralmente vehículos durante la comprobación de la potencia.



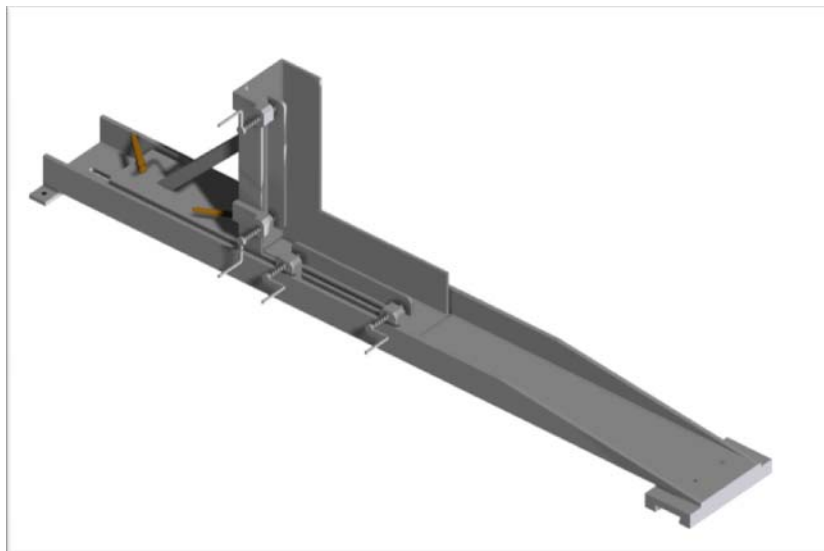
*Ilustración 2.14. Rodillo guía izquierdo*

Estos rodillos pueden desmontarse fácilmente de los rieles guía después de aflojar los tornillos hexagonales interior y desplazar la mordaza de sujeción con el tornillo de hexágono.

Estos elementos se han de retirar cuando se ensayen motocicletas en el banco de pruebas.

### 2.1.10. Módulo de ensayo para motocicletas

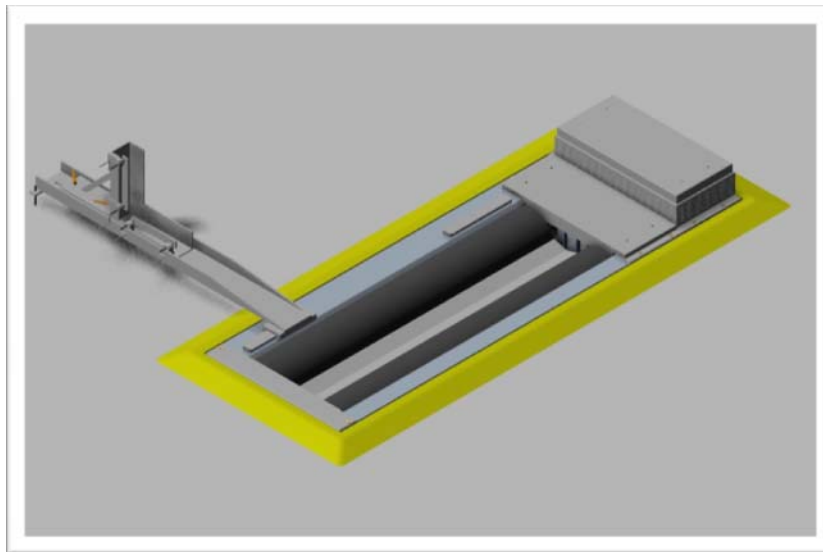
Existe una bancada específica para el ensayo en motocicletas. Esta bancada se ha de anclar a las guías en las que normalmente se encuentran los rodillos guías de turismos.



*Ilustración 2.15. Bancada específica para motocicletas*

La pinza de sujeción de la rueda delantera se desplaza sobre guías longitudinales. Tanto la sujeción de la rueda a la pinza, como el desplazamiento de esta sobre la bancada para posicionar la rueda trasera sobre el rodillo, deben realizarse manualmente.



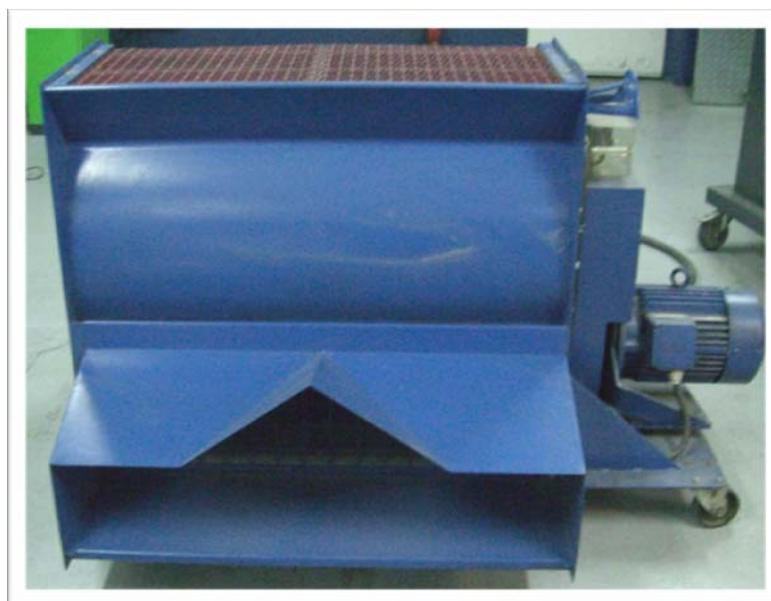


*Ilustración 2.16. Bancada de motocicletas montada en el banco de potencia*

## 2.2. Descripción de los elementos auxiliares

### 2.2.1. Soplante

Los soplantes se caracterizan por absorber aire e impulsarlo mediante el giro de sus aspas al frente.



*Ilustración 2.17. Soplante*

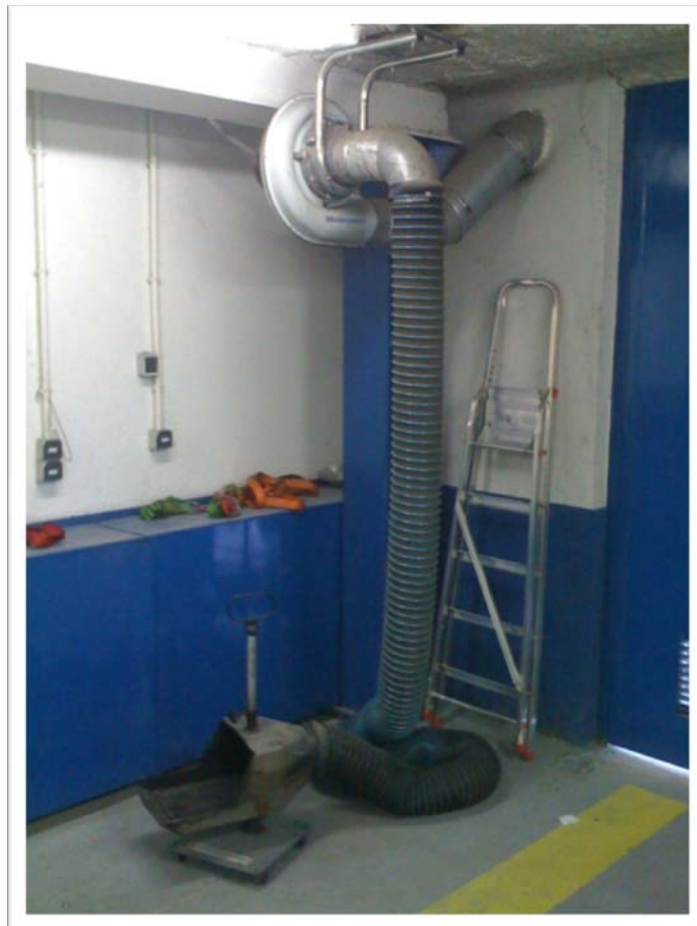


El vehículo necesita ser refrigerado por el aire para evitar sobrecalentamientos que puedan ocasionar la rotura del motor. Para esto y con el objetivo de que el vehículo se encuentre en las condiciones más próximas a las que se darían en su funcionamiento en la calle se emplea el soplante.

Dichos ventiladores se colocan en la parte de delante del banco enfocado al radiador del vehículo.

### 2.2.2. Extractor de humos

Ya que el ensayo de potencia se va a realizar en una zona interior, se ha de instalar un extractor de los gases de escape. Este irá situado directamente a la salida de escape del vehículo, es regulable en altura.



*Ilustración 2.18. Extractor de humos*

En el caso de vehículos con doble salida de escape laterales, se recomienda realizar el ensayo con las puertas abiertas de la línea en la que está instalado el banco de potencia para una mejor ventilación del lugar.

### 2.2.3. Cintas tensoras

Al igual que el conjunto de rodillos guía, las cintas tensoras son un dispositivo de seguridad y se tienen que utilizar para guiar y asegurar lateralmente vehículos de tracción delantera y trasera durante la comprobación de la potencia.

Estas cintas se anclarán a un punto perteneciente al chasis del vehículo y al suelo mediante unas argollas previamente fijadas.



*Ilustración 2.19. Cinta tensora*



## **3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO**

---



### 3.1. Instrucciones de seguridad

El banco de pruebas de potencia sólo debe trabajar dentro del margen de potencia y de la velocidad máxima que se indican en los datos técnicos. Se tendrán en cuenta las indicaciones de los fabricantes de vehículos y neumáticos relacionadas con las velocidades máximas permitidas para los distintos tipos de neumáticos.

El vehículo se debe subir al banco de pruebas con la suficiente lentitud para que ni el vehículo ni el banco de pruebas se vean sometidos a esfuerzos mecánicos innecesarios.

Los tornillos de fijación de las chapas de cubierta tienen que estar bien apretados para evitar que los neumáticos se dañen al subir y bajar el vehículo.

Para evitar un sobrecalentamiento de los frenos de corrientes de Foucault en el caso de comprobación repetida deberá respetarse entre pruebas 10 minutos de pausa sin carga a una velocidad de aprox. 10 - 20 km/h para la refrigeración del freno.

Durante la comprobación no debe permanecer ninguna persona en las proximidades del banco de pruebas, sea delante, detrás o a un lado.

Para la comprobación de motocicletas se utilizará únicamente el dispositivo de sujeción apropiado. Al comprobar motocicletas deberá cubrirse la superficie de rodillos no utilizada.

Si el banco de pruebas no se encuentra en una cápsula insonorizada, los puestos de trabajo de las proximidades del banco de pruebas deberán protegerse contra el ruido (según la norma de prevención de accidentes relativa a ruido).

Compruebe la presión de los neumáticos y haga una inspección visual de los neumáticos para encontrar eventuales daños. A causa de la rotación de los rodillos es posible que se desprendan partículas de los neumáticos, como por ejemplo piedrecitas encajadas en el perfil del neumático. Las partículas susceptibles de desprenderse deberán quitarse de los neumáticos antes de acceder con el vehículo al banco de pruebas.

No deberán pisarse los juego de rodillos ni tampoco el sistema de elevación, ni siquiera en estado de bloqueo.

No haga movimientos rápidos con el volante durante el ensayo.

Compruebe la sujeción de los pesos de equilibrado en las llantas antes del ensayo.

No se pueden inspeccionar neumáticos inferiores a 12" por posibles roces con el elevador.

## 3.2. Preparativos

### 3.2.1. Turismos

Conectar el banco de potencia mediante el interruptor principal en el pupitre de comunicaciones. Arrancar posteriormente el PC auxiliar Bosch FLH 560.

Tras arrancar el PC principal se iniciará MS-DOS con el programa de Análisis y potencia.

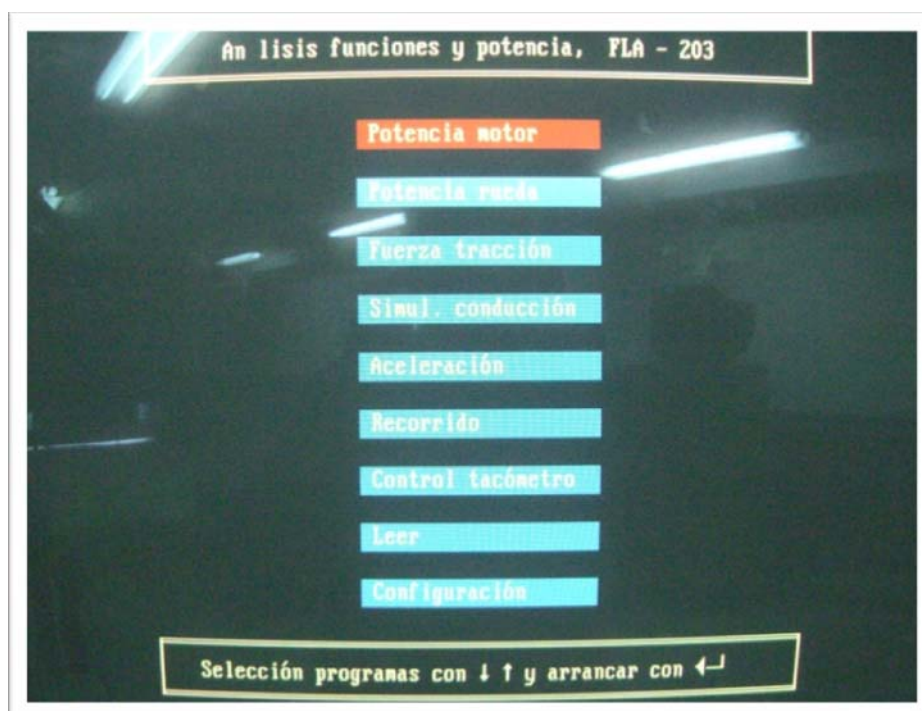


Ilustración 3.1. Pantalla principal de banco de potencia

En el PC auxiliar se arrancará Windows, según el tipo de configuración del programa se inicia seleccionándolo en el grupo de inicio, de forma automática, o bien haciendo doble clic en el icono correspondiente.

Active el sistema de elevación pulsando la tecla de función  $\square$  del control remoto. El sistema de elevación sube y se bloquean los rodillos del banco de pruebas.

Conduzca el vehículo a comprobar sobre el sistema de elevación con el eje propulsado en dirección de marcha del banco de pruebas. Conduzca el vehículo lentamente y de forma recta en el banco de pruebas y posicione lo más centrado posible.

Active el sistema de elevación mediante la tecla de función  $\square$  del teclado o del control remoto. El sistema de elevación baja y se liberan los rodillos del banco de pruebas.

Ponga la marcha en punto muerto o ponga la caja de cambios automática de vehículos con transmisión automática en posición neutral y suelte el freno de estacionamiento en el caso de tracción trasera.

Arrancar lentamente en la primera marcha, hacer que el vehículo se alinee (equilibre) a una velocidad de marcha de aprox. 5 km/h.

Posicione las ruedas del eje delantero de forma recta en dirección de marcha. Teniendo cuidado con la cerradura del volante que no debe estar clavada. En el caso de propulsión trasera, llevar este eje hasta los rodillos.

Las cintas tensoras se tienen que fijar al vehículo en las argollas de remolcado. No tensar excesivamente las cintas tensoras durante la comprobación para compensar movimientos del vehículo. Se deberá tener especial cuidado con la posición de la cinta tensora respecto al tubo de escape. En el caso de vehículos cuyo freno de estacionamiento actúe sobre las ruedas no motrices, accionar el freno de estacionamiento.



*Ilustración 3.2. Colocación de las cintas de sujeción*



**PRECAUCIÓN:** En caso de utilizar cintas de sujeción para la fijación, debe comprobarse que el extremo suelto de la cinta de sujeción no llegue cerca de los neumáticos o rodillos cuando se pruebe un vehículo de tracción trasera.

Abrir el capó del motor y colocar el sensor de medición de revoluciones. Se deberá situar también el distribuidor de señales enganchado al capó de vehículo.



*Ilustración 3.3. Colocación del sensor de revoluciones sobre el motor*

Se colocará la pinza de captación de temperatura lo más cerca posible de la entrada de aire al motor. En caso de motor trasero se situará en la zona de entrada de refrigeración.

Introducir el mando a distancia en el interior del vehículo a través de una ventanilla lateral abierta. Al hacerlo, atender imprescindiblemente a que el cable de enlace del mando a distancia no sea aprisionado por los rodillos de comprobación ni por las ruedas.



*Ilustración 3.4. Colocación del mando a distancia en el interior del vehículo*

El volante se tiene sujetar con fuerza durante la prueba de potencia. Evitar imprescindiblemente movimientos de la dirección hacia la derecha o hacia la izquierda así como desplazamientos del peso en el vehículo. No apoyarse en el vehículo.

Posicione la instalación de aspiración del gas de escape cerca del escape y conéctela.



*Ilustración 3.5. Colocación de la campana del sistema de extracción*

Debido a una posible acumulación de calor en el tubo de aspiración del gas de escape pueden ocasionarse daños a la pintura o al vehículo. Debe guardarse una distancia adecuada.

Posicione el soplante de aire refrigerante delante del radiador del vehículo.

Asegure los rodillos de dirección del soplante con los tacos de detención para fijar de la posición del ventilador durante el funcionamiento.



*Ilustración 3.6. Colocación del soplante*

Conecte el ventilador de aire.

Una vez posicionado el vehículo y el resto del instrumental, se deberá dar avance al vehículo a una velocidad constante durante el tiempo necesario para unas óptimas condiciones de temperatura del motor del vehículo.

#### **3.2.2. Motocicletas**

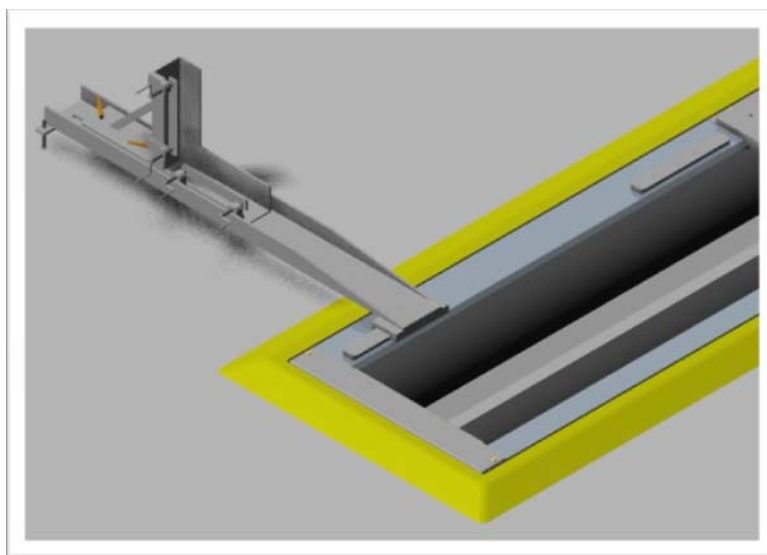
Las motocicletas no se deben comprobar en ningún caso sin el dispositivo de sujeción apropiado.

Comprobar si están montados los neumáticos prescritos (ver los datos en el permiso de circulación del vehículo).

Comprobar el nivel de líquido refrigerante y aceite del motor; si es necesario, rellenar.

Antes de la prueba de potencia, comprobar el funcionamiento perfecto del motor, del embrague y del grupo propulsor.

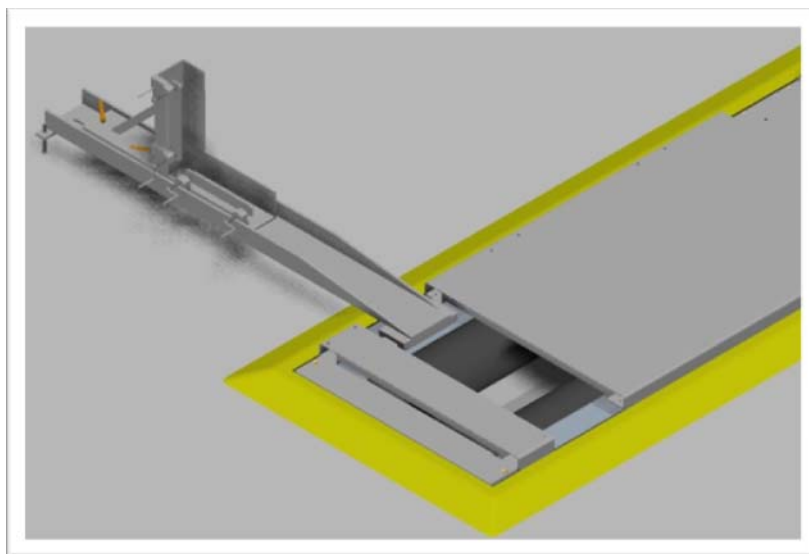
Fijar el dispositivo de sujeción de motocicleta en la guía (recepción) izquierda o derecha para los rodillos guía. El riel de fijación se tiene que sujetar en el dispositivo de rodillos guía con los tornillos de bloqueo.



*Ilustración 3.7. Colocación del dispositivo de sujeción al banco de potencia*

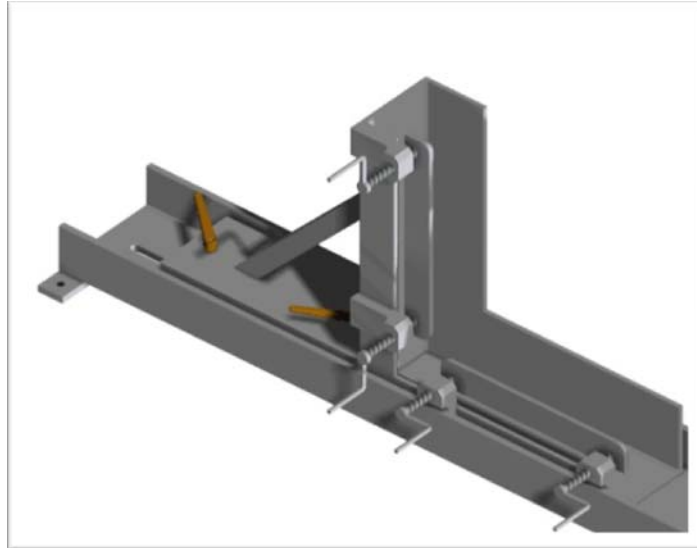
Con el dispositivo de regulación de la altura se puede adaptar el dispositivo de sujeción de motocicletas a las condiciones locales del suelo.

Después de cubrir la superficie no necesaria de los rodillos utilizando chapas de recubrimiento, se puede subir la motocicleta al dispositivo.



*Ilustración 3.8. Colocación de las chapas de recubrimiento*

La motocicleta se sujeta en el dispositivo por la rueda delantera, utilizando las mordazas regulables con manivela. El dispositivo se puede desplazar de manera que la rueda trasera quede centrada sobre el conjunto de rodillos tras bajar el elevador hidráulico.



*Ilustración 3.9. Detalle de las mordazas de sujeción*

Colocar el sistema de aspiración de gases de escape en el tubo de escape.

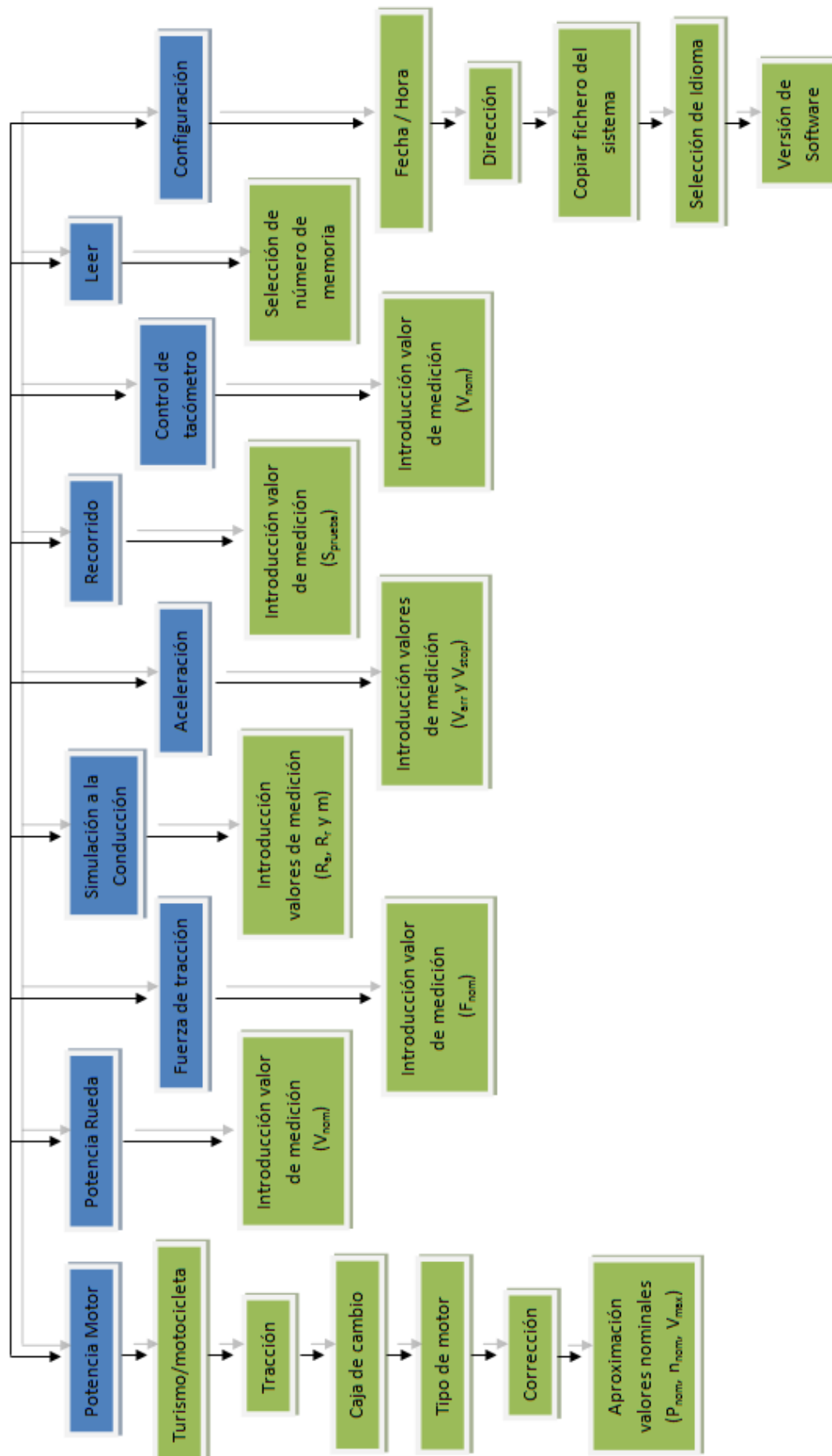
Arrancar en primera marcha y hacer que la motocicleta que equilibre a una velocidad de marcha de aprox. 5 km/h. La rueda trasera tiene que hacer entonces contacto perfecto en los dos rodillos de comprobación; si es necesario, realizar una corrección desplazando el dispositivo de sujeción.

Antes de la comprobación de la potencia se tiene que llevar el motor a la temperatura de régimen usual.





### 3.3. Estructura del programa



### 3.4. Posibilidades de medición

Una vez conectado el banco de pruebas y cargado el programa operativo, se muestra en el mando a distancia o en el monitor el menú para selección de programa:

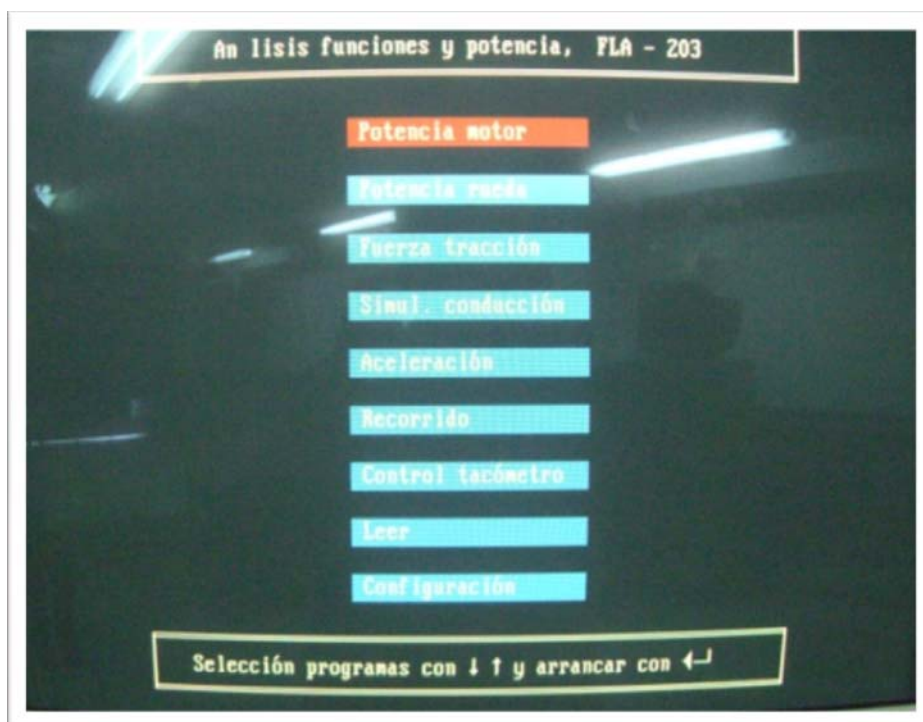


Ilustración 3.10. Pantalla principal

Potencia del motor	Sección 3.4.1
Potencia de la rueda	Sección 3.4.2
Fuerza de tracción	Sección 3.4.3
Simulación de conducción	Sección 3.4.4
Aceleración	Sección 3.4.5
Recorrido	Sección 3.4.6
Control del tacómetro	Sección 3.4.7
Lectura	Sección 3.4.8
Configuraciones	Sección 3.4.9

El programa deseado se selecciona con las teclas < o > del mando a distancia o con las teclas ↑ ↓ del teclado.

Si no se selecciona ningún programa en el plazo de 3 minutos, se conecta el protector de pantalla. Pulsando una tecla cualquiera se desactiva de nuevo dicho protector de pantalla.



El programa seleccionado es marcado en el visualizador del mando a distancia por la posición del cursor (■) y en el monitor por el fondo rojo.

Ejemplo de visualización en el mando a distancia (izquierda) y en el monitor (derecha)

Tras pulsar la tecla ← se inicia el programa seleccionado.

Si se ha iniciado el programa incorrecto, se pueden cancelar con la tecla Ⓢ del mando a distancia o con la tecla ESC del teclado.

### 3.4.1. Potencia del motor

- **Introducir datos del vehículo/parámetros de medición**

Los datos del vehículo y los parámetros de medición necesarios para medir la potencia se toman de la ficha técnica del vehículo o de la última medición realizada. Gracias a ello, en caso de realizar varias mediciones en el mismo vehículo no es necesario realizar cada vez estas entradas.

Estos datos sirven para acotar mejor el rango de potencia a la que el banco de pruebas va a estar sometido.



Ilustración 3.11. Pantalla introducción de parámetros del vehículo

En el visualizador del mando a distancia se muestran los datos del vehículo y los parámetros de medición tras pulsar las teclas < o >. En el monitor se muestran constantemente los datos del vehículo y los parámetros de medición.

Para cada nuevo vehículo a medir se tienen que introducir de nuevo los datos de vehículos y los parámetros de medición necesarios, de conformidad con los datos que aparecen en el permiso de circulación del vehículo.

Para ello, pulsar la tecla ← en el mando a distancia o la tecla **F1 (parámetros)** del teclado.

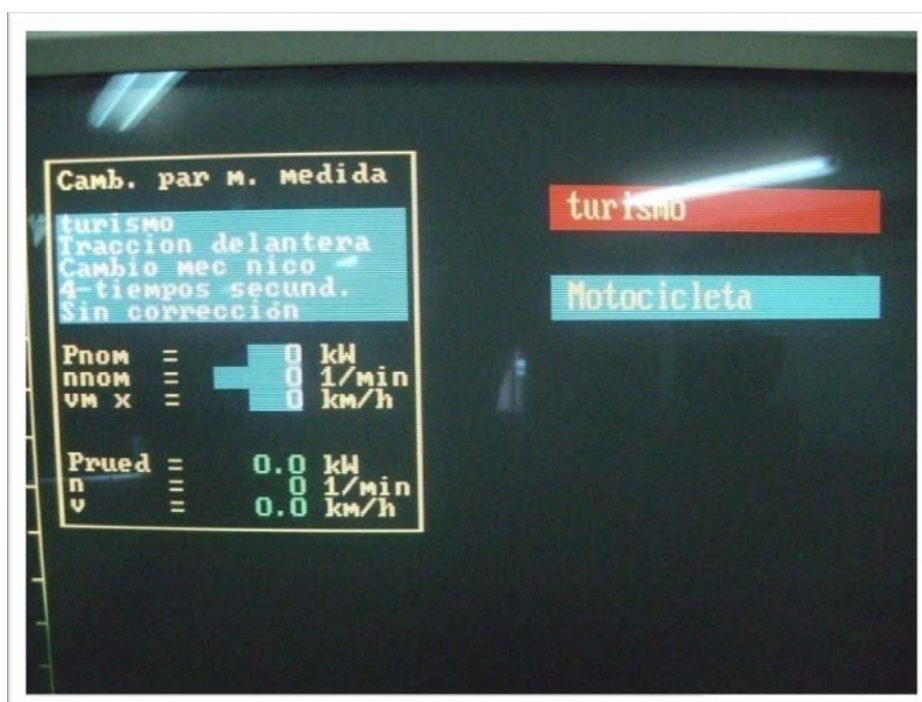


Ilustración 3.12. Pantalla selección de tipo de vehículo

Con las teclas < o > del mando a distancia o las teclas ↑↓ del teclado se selecciona el vehículo a comprobar (turismo o motocicleta). Confirmar la selección con la tecla ←.

Aparecen ahora otras imágenes con consultas relativas al tipo de propulsión, al tipo de cambio, al sistema de encendido, a la corrección de la potencia y a los parámetros de medición. Sólo tras realizar las entradas por completo está el banco de pruebas listo para realizar el análisis.



*Ilustración 3.13. Pantalla selección tipo de tracción*

Con las teclas < o > del mando a distancia o las teclas ↑↓ del teclado se selecciona la tracción del vehículo a ensayar (delantera o trasera). Confirmar la selección con la tecla ↵.

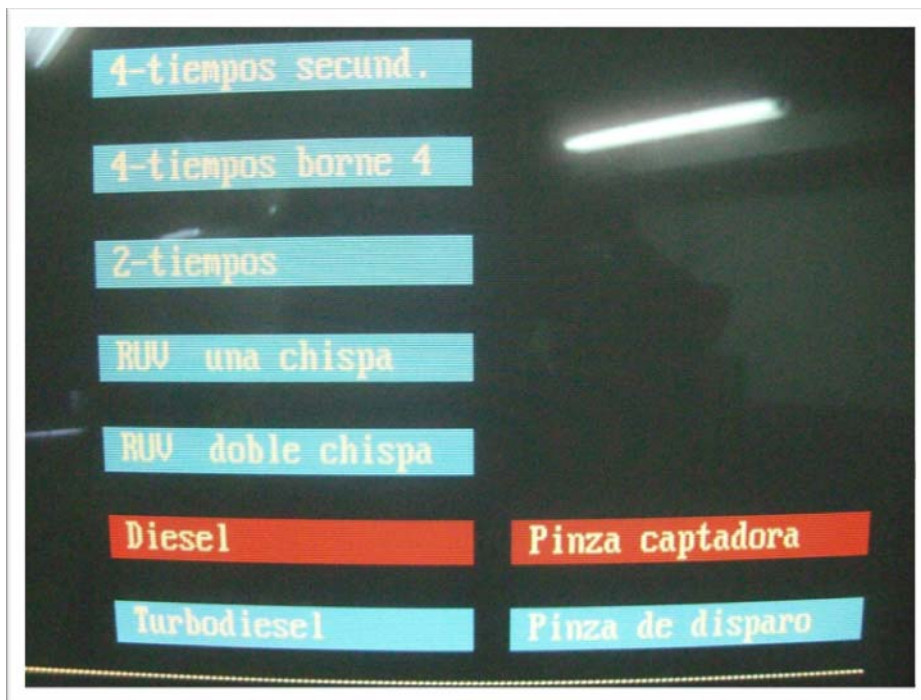
Los vehículos con tracción integral no se podrán ensayar.



*Ilustración 3.14. Pantalla selección tipo de cambio*



Con las teclas < o > del mando a distancia o las teclas ↑↓ del teclado se selecciona el tipo de cambio de vehículo. Confirmar la selección con la tecla ←.



*Ilustración 3.15. Pantalla selección tipo de motor*

Con las teclas < o > del mando a distancia o las teclas ↑↓ del teclado se selecciona el tipo de motor del vehículo. Confirmar la selección con la tecla ←.

Para comprobar vehículos equipados con motores rotativos o Wankel se tiene que seleccionar el sistema de encendido “2 tiempos”.

Para el registro de número de revoluciones con la pinza de disparo se tiene que seleccionar el ajuste conforme al punto de medición.

En el distribuidor de señales de los bancos de pruebas existen dos entradas de medición para registrar el número de revoluciones:

- Entrada de medición para pinza de disparo (motores de gasolina)
- Entrada de medición para captador de pinza (motores Diesel)

- **Medición del número de revoluciones**

En la medición del número de revoluciones se analizan impulsos referidos a 720° del cigüeñal. Estos impulsos pueden ser señales secundarias (impulsos de encendido) o

señales; pero también pueden ser impulsos (tensiones) que suministren una señal correspondiente al número de revoluciones.



*Ilustración 3.16. Captador de revoluciones*

1. Módulo de medición del número de revoluciones
2. Diodo de señalización del número de revoluciones
3. Cable de conexión
4. Circuito de acoplamiento por inducción de la pinza de disparo
5. Selector para el ajuste del número de cilindros



*Ilustración 3.17. Conexiones del módulo captador de revoluciones.*

- 6.- Conexión para batería
- 7.- Circuito bucle de acoplamiento por la pinza
- 8.- Toma de medición
- 9.- Salida de impulsos

El procedimiento para conectar este módulo de medición es sencillo:

- Se debe enchufar el cable para la conexión a la batería (4 y 6). En este momento el módulo se encenderá. El módulo no posee un interruptor de encendido.
- Si la conexión es correcta se ha de encender el diodo.
- Establecer la unión a masa desde el conector hembra de masa (8) a masa del motor.
- Conectar el módulo a la correspondiente entrada de equipo de diagnóstico a través de la salida de impulsos (9).
- Enbornar la pinza de disparo del distribuidor de señales a través de circuito bucle de acoplamiento (4 y 7).
- Ajuste el número de cilindros correcto por medio del selector de cilindros (5).

Si la conexión es correcta, tiene que encenderse el diodo del módulo de medición del número de revoluciones.

- Ponga en marcha el motor del vehículo y hacer que funcione al ralentí. En esta fase de detección de número de revoluciones, no elevar el régimen del motor.
- Después de un tiempo de más o menos 30 segundos, aparece en la pantalla del equipo el número de revoluciones medido.

En el caso de algunos vehículos, el número de revoluciones se tiene que determinar experimentalmente. Si se utiliza la pinza de disparo ("trigger") se tiene que ajustar la relación de divisor apropiada a través de la introducción de "cil. (divisor)" y "multiplicador", hasta que el número de revoluciones indicado coincida con el mostrado por el cuentarrevoluciones.

Si por cualquier motivo el captador de revoluciones no tuviera una lectura clara de los impulsos del vehículo a comprobar, se procederá a realizar una medida, previa o posterior, de velocidad.

Consistirá en una lanzada del vehículo para comprobar, en la marcha a la que se va a realizar el ensayo, la velocidad de la rueda con respecto a las revoluciones del motor.

La velocidad lineal se observará en la pantalla propia del banco y las revoluciones por minuto en el panel de mandos del vehículo.

Se puede sustituir esta lanzada si conocemos la relación más directa de la caja de cambios del vehículo o en la que se vaya a realizar la prueba a fin de calcular la velocidad en rueda con respecto a las revoluciones por minuto del motor.



Ilustración 3.18. Pantalla selección tipo de corrección

Con las teclas < o > del mando a distancia o las teclas  $\uparrow \downarrow$  del teclado se selecciona el tipo de corrección que deseamos. Confirmar la selección con la tecla  $\leftarrow$ .

El cálculo de estas correcciones lo tenemos en el apartado 1.3.2. “Corrección de la potencia”



Ilustración 3.19. Pantalla introducción parámetros de medición



Tras seleccionar los datos del vehículo y tras la corrección de la potencia, se procede a introducir los parámetros de medición.

$P_{nom}$  = potencia nominal según permiso de circulación del vehículo

$n_{nom}$  = número de revoluciones nominal según permiso de circulación, para el que se proporciona la potencia nominal

$v_{max}$  = velocidad máxima de marcha según el permiso de circulación del vehículo

Tras la última pulsación de la tecla  $\leftarrow$  se muestra de nuevo la imagen “Potencia del motor”.

El banco de pruebas está ahora listo para medir con los nuevos parámetros de medición.

La medición comienza automáticamente cuando el vehículo a comprobar sube a los rodillos de comprobación.

### Comprobación de potencia de turismos

#### Desarrollo de la medición

Arrancar el vehículo en primera marcha y cambiar luego lo antes posible a la marcha directa. Esta es por regla general la 4ª marcha.

En el caso de cajas de cambios cuya relación de desmultiplicación no sea 1: 1, se elegirá para la comprobación aquella marcha cuya desmultiplicación sea más próxima a 1:1.



*Ilustración 3.20. Situación de un vehículo de tracción delantera en el banco de rodillos*

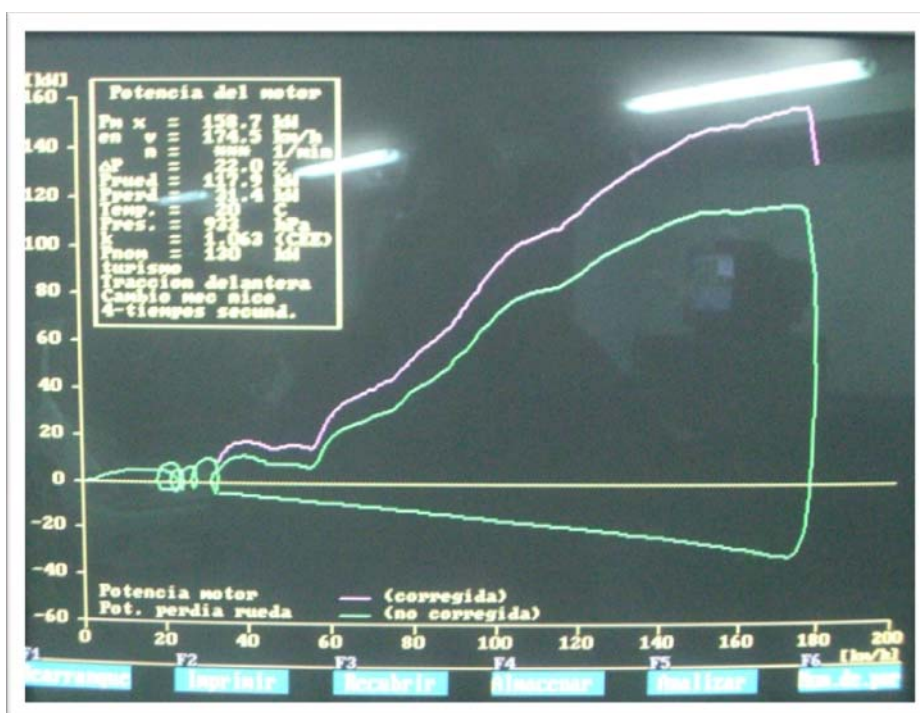


La marcha de comprobación se debería alcanzar con la mitad del número de revoluciones nominal; pisar luego a fondo el pedal acelerador hasta que en el visualizador aparezca "desembragar" o "posición neutra".

Los vehículos con cambio automático se comprueban con el cambio en la posición directa. A diferencia de los vehículos con cambio manual, en todos los vehículos con cambio automático, el pedal acelerador sólo se podrá pisar totalmente a fondo cuando la velocidad de comprobación o el número de revoluciones de comprobación sean tan altos que ya no se produzca una reducción a una marcha inferior al alcanzar la aceleración total. Cuando aparezca la indicación “desembragar”, poner rápidamente la palanca del cambio en la posición Neutral.

Cuando aparezca en el visualizador la nota "desembragar" o "posición neutra", levantar inmediatamente el pie del acelerador y desembragar al mismo tiempo o bien poner el cambio en posición neutra. Dejar que el vehículo acabe de rodar.

Cuando lo indique el banco se puede frenar lentamente el vehículo hasta su detención total.



*Ilustración 3.21. Pantalla representación gráfica prueba de potencia*

La indicación de los valores medidos tiene lugar después de haberse parado los rodillos.

Para guardar los valores medidos en la memoria, pulsar la tecla 

Seleccionar la memoria 0 - 9 con la tecla < o > del mando a distancia o bien con las teclas numéricas del teclado.

Una vez almacenado en la memoria, se transfiere automáticamente los datos del Banco Bosch FLA 203 al otro PC (Bosch FSA 560).

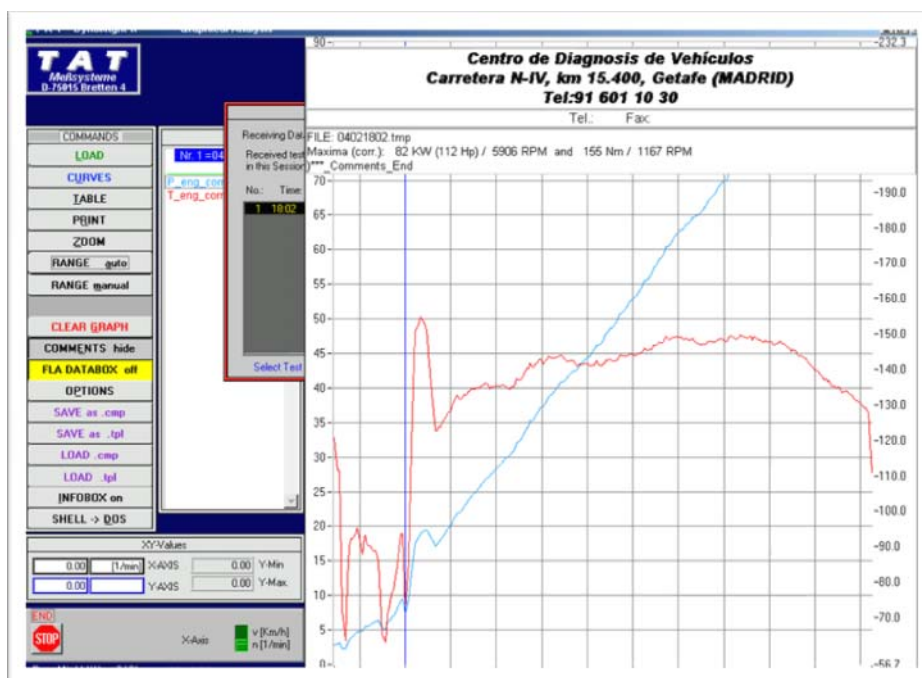


Ilustración 3.22. Pantalla representación gráfica de potencia en FSA 560

Este PC está conectado a través de una conexión estándar de transmisión de datos en serie. Tan pronto como los datos son recibidos por el equipo, se mostrará la ventana de recepción de datos por encima de la pantalla de inicio. Se mostrarán las curvas de potencia y par del motor.

Se tiene la opción de una de las tres posibles:

- 1.) Guardar la prueba bajo un mismo nombre definido en el disco duro del PC. Se podrá incluir comentarios a la prueba tales como los detalles del vehículo, nombre del cliente, las condiciones de prueba, etc.
- 2.) Continuar la realización de pruebas adicionales. Ninguna de las pruebas anteriores se perderá.
- 3.) Definir la última prueba como prueba de referencia contra el cual todas las pruebas siguientes se comparan. Esto es extremadamente útil, ya que automáticamente hará que todas las siguientes pruebas se superpongan a esta última. Una vez iniciada, esta función no requiere el volver a tocar el teclado del ordenador. Esto significa, que durante todo el ensayo, el operador puede permanecer sentado en el vehículo ya que todas las funciones se realizan completamente automáticas.

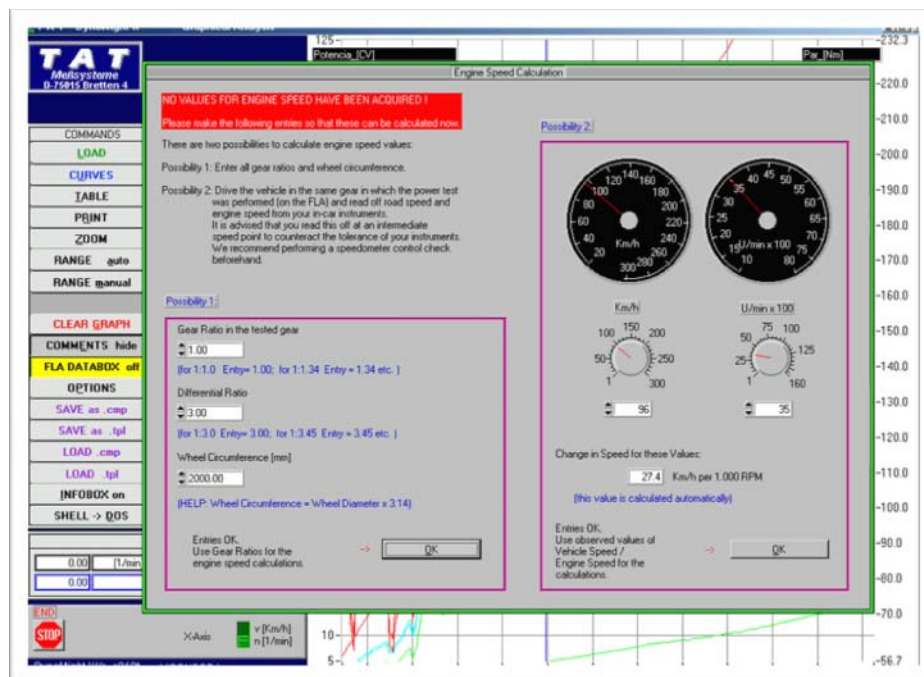


Ilustración 3.23. Pantalla introducción datos de velocidad y revoluciones

En caso de no ser posible adquirir una señal de revoluciones del vehículo bajo prueba, se puede tener la oportunidad de volver a calcular estos después de la prueba. Esta relación se puede encontrar fácilmente por la conducción del vehículo a una velocidad constante en el banco de pruebas FLA antes o después de una prueba como se ha dicho anteriormente.

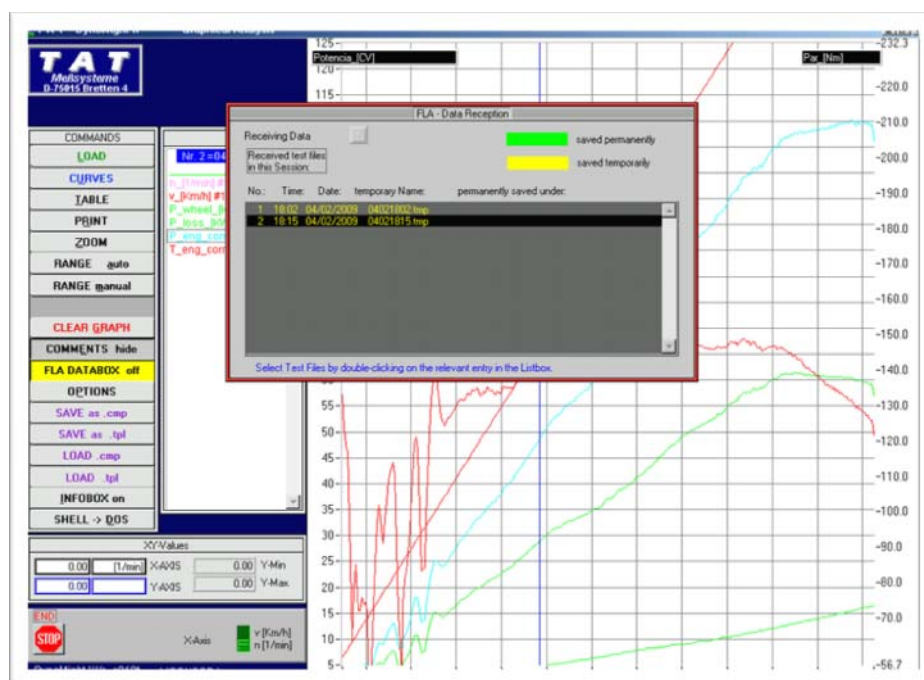


Ilustración 3.24. Pantalla guardado de datos

En cualquier momento se puede guardar una prueba bajo un nombre. Una vez que una prueba se ha guardado de forma permanente, la entrada en la ventana de recepción de datos cambiará su color de amarillo a verde (Ilustración 3.24.) Al almacenar una prueba, el nombre del archivo, así como los valores máximos de potencia del motor y el par, junto con los regímenes del motor se escribirán automáticamente en las primeras líneas de la gráfica. En total, un máximo de veinte líneas de comentarios se pueden escribir en cada prueba (ver Anexo I)

Una vez almacenadas las pruebas se pueden encontrar fácilmente, incluso después de mucho tiempo, los comentarios a cada prueba se muestran inmediatamente en la carga de un archivo de prueba almacenado.

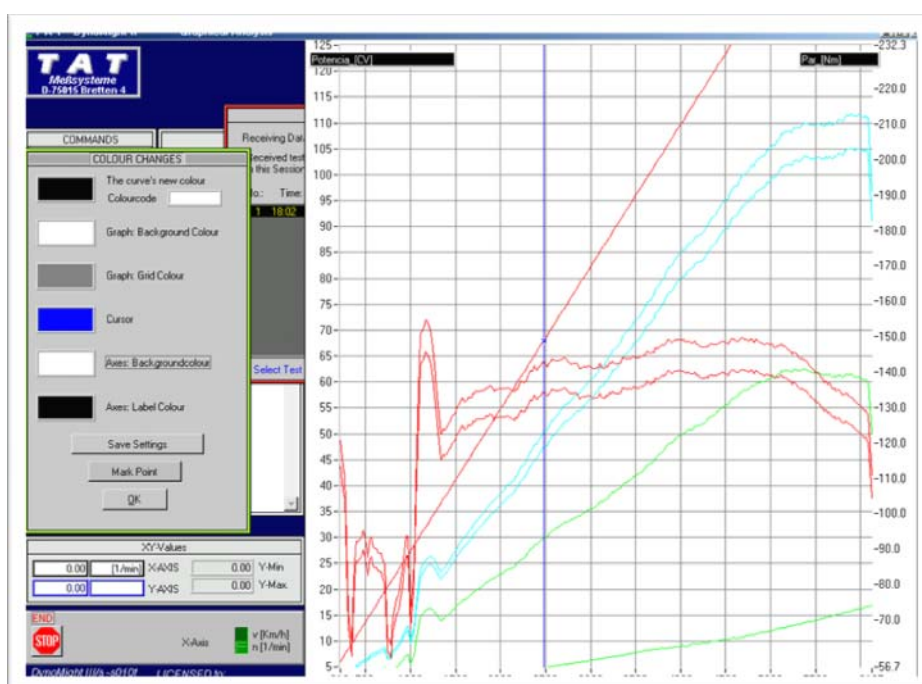


Ilustración 3.25. Pantalla representación gráfica de par y potencia

Por cada prueba que se realice en el banco de potencia, se pueden mostrar hasta nueve curvas diferentes. Además, se pueden solapar hasta ocho curvas diferentes. Esto significa que en un mismo gráfico, de forma simultánea podrían ser representadas 9 curvas x 8 pruebas = 72 curvas en total. Con el fin de mejorar la visibilidad cuando en el proceso de comparación de varias curvas, se tiene la opción de cambiar los colores de cualquiera de las curvas.



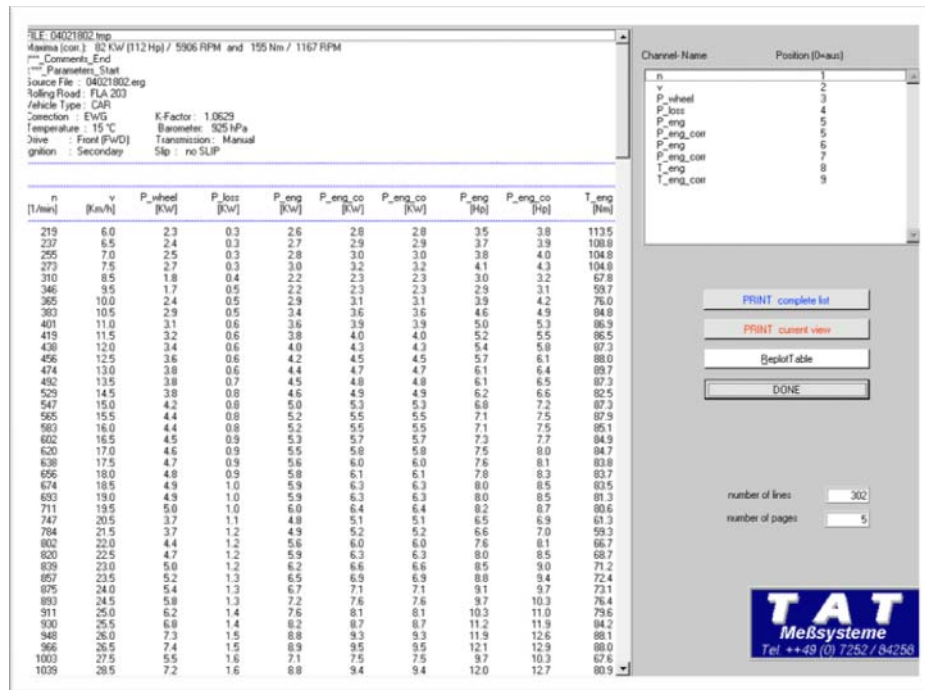


Ilustración 3.26. Pantalla representación tabulada de par y potencia

Las pruebas no sólo se pueden visualizar como curvas en un gráfico, sino también pueden ser vistas en forma de una tabla de datos (TABLE) que se puede desplazar arriba y abajo según sea necesario. Estas tablas también pueden ser impresas.

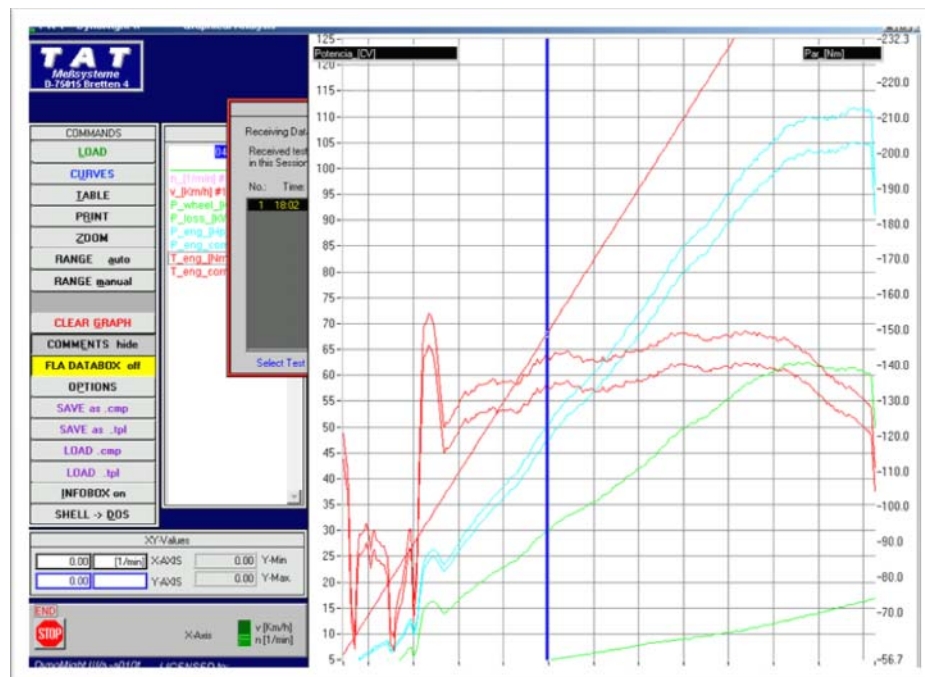
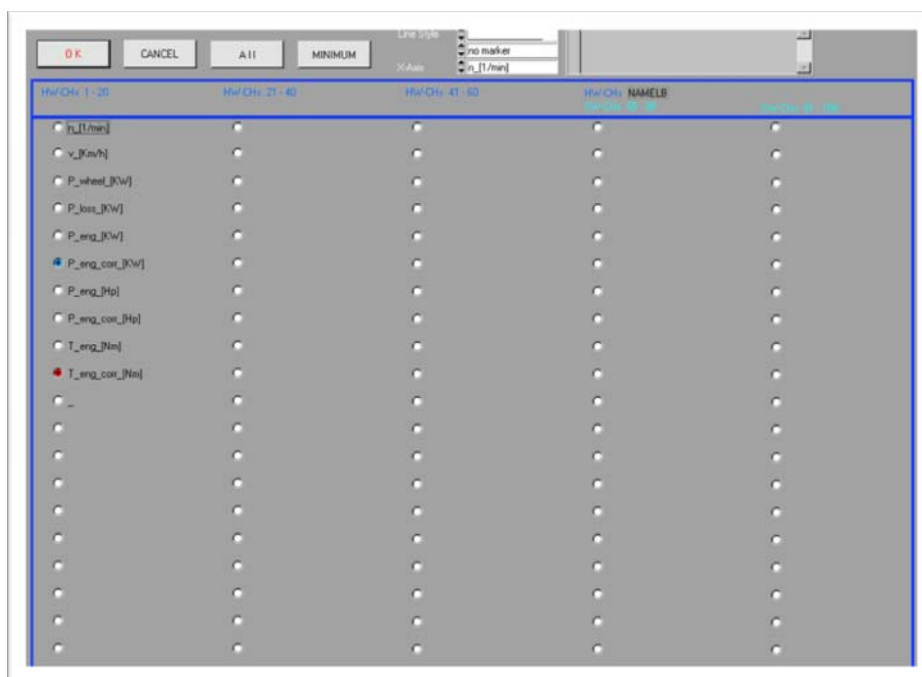


Ilustración 3.27. Pantalla representación gráfica de todas las curvas posibles

Aquí se muestran todas las curvas posibles de una prueba de funcionamiento en una prueba de este banco de potencia. La potencia del motor en Kw y HP (corregida y sin corregir), de par en Nm (corregida y sin corregir), la potencia en rueda, pérdidas de potencia, la velocidad lineal de rueda y las revoluciones del motor. El ajuste de los ejes se puede hacer de forma individual según el parámetro que se quiera observar o de forma general (RANGE AUTO/ RANGE MANUAL)



*Ilustración 3.28. Pantalla elección del tipo de curvas disponibles*

En la Imagen se observa el menú para activar o desactivar las curvas individuales (CURVES). El estilo de línea de las curvas puede ser cambiado, así como el estilo de punto que puede ser elegido para marcar puntos clave. Todos los valores de prueba se pueden mostrar frente a las revoluciones por minuto del motor o la velocidad lineal de las ruedas, así como frente a cualquiera de los otros valores.

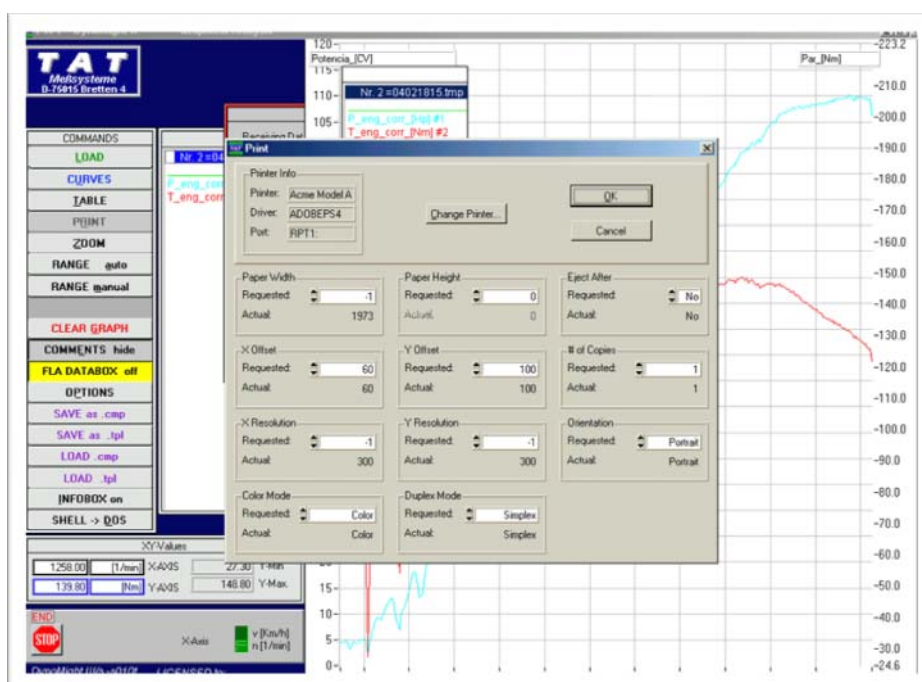


Ilustración 3.29. Pantalla impresión de gráfica

Si queremos imprimir una gráfica, con las curvas de potencia y par que necesitamos, se tendrá la opción de imprimir las a la impresora asociada o guardarlo como un archivo de Acrobat (.pdf) el cual podremos imprimir y observarlo más adelante (Ilustración 3.30.).

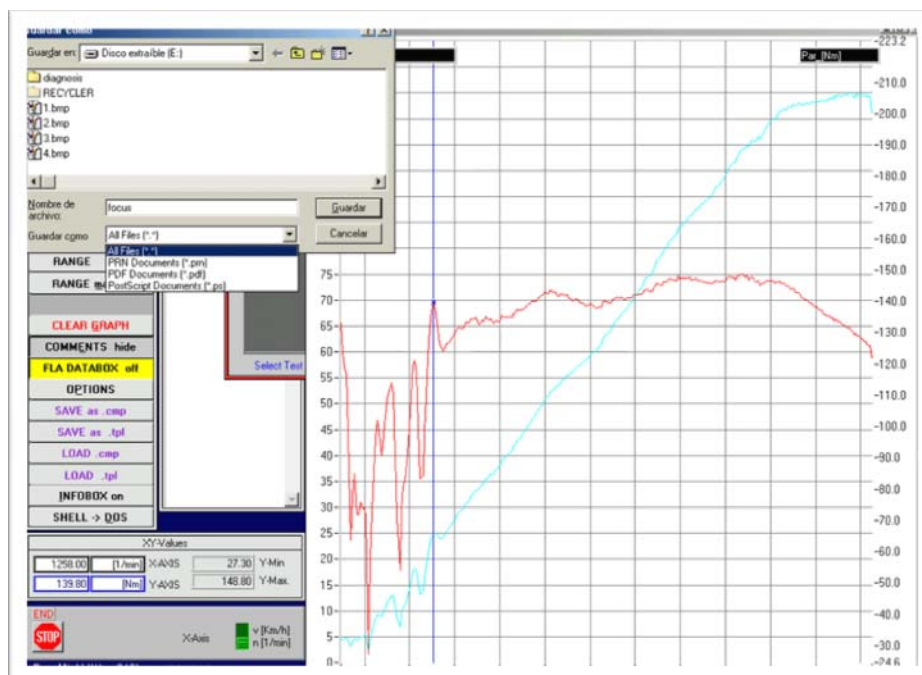


Ilustración 3.30. Pantalla guardado gráfica

### Comprobación de potencia de motocicletas

También en el caso de las motocicletas se tiene que medir la potencia en la marcha cuya desmultiplicación se más próxima a 1:1. En las motocicletas, se trata por regla general de la segunda marcha más alta (p. ej., en caso de cambio de seis marchas la marcha de comprobación es la 5ª).

En el caso de motocicletas de gran potencia, la motocicleta se tiene que cargar con 2 personas a fin de que la potencia se transmita mejor a los rodillos de comprobación.

La comprobación se desarrolla en la forma descrita para turismos.

### Evaluación de la potencia del motor en el módulo de mando Bosch FLA 203

Aunque no sea tan avanzado, también se puede usar el software del propio banco FLA 203. Nos permitirá comparar varias gráficas u obtener el valor de potencia exacto en un punto de la gráfica:

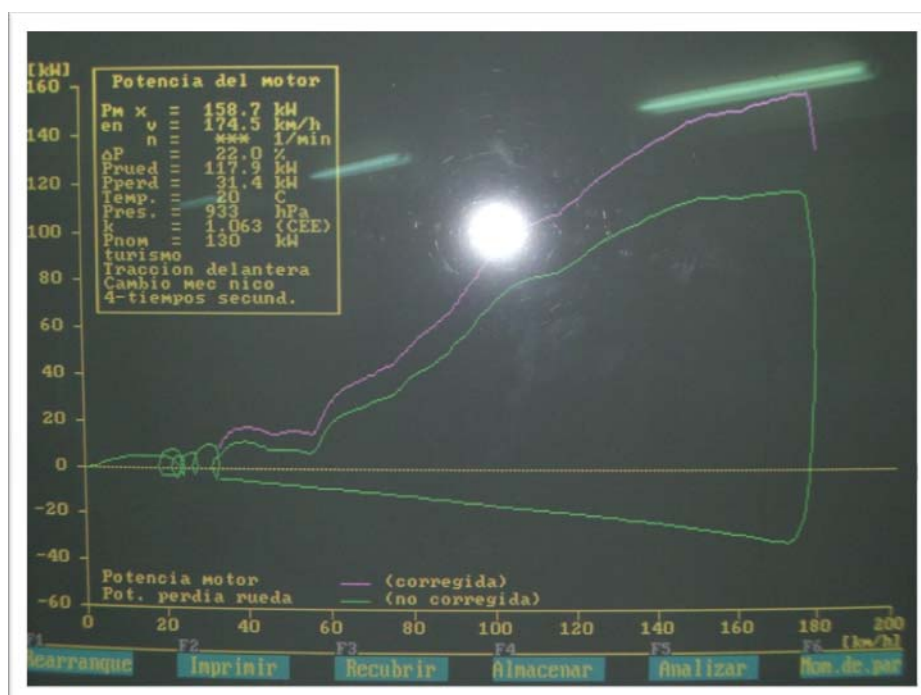


Ilustración 3.31. Pantalla representación gráfica prueba de potencia


Con la tecla **F3 (Recubrir)** se puede cargar (recubrir) una segunda curva además de la curva de potencia ya visualizada.

Pulsar la tecla **F5 (Analizar)**. Aparece una cruz de retículo (cursor) sobre la curva de potencia.

Con las teclas  $\leftarrow$  o  $\rightarrow$  del teclado se puede llevar el cursor a cualquier punto de la curva de potencia. Los datos numéricos de número de revoluciones del motor, velocidad de



comprobación, potencia del motor y potencia a la rueda cambian automáticamente con ello y se pueden guardar con la tecla **F4 (Almacenar)** (hasta un máximo de 5 valores).

Se retorna al menú de selección de programas con la tecla **F6 (Fin)** del teclado o con la tecla  del mando a distancia.

Con la tecla **F1 (Re arranque)** preparará el banco para una nueva medida.

### 3.4.2. Potencia a la rueda

**Modificación del parámetro de medición  $V_{nomi}$ :**




*Ilustración 3.32. Pantalla introducción datos Potencia en rueda*

Ajustar la velocidad de comprobación desea con la tecla < o >.

El banco de pruebas está listo inmediatamente para medir con el nuevo parámetro de medición.

#### **Desarrollo de la medición:**

Arrancar en la primera marcha y cambiar rápidamente a la marcha de comprobación. Luego, pisar a fondo el acelerador hasta que ya no cambien los valores de medición indicados para la potencia a la rueda.

La medición en curso se puede finalizar pulsando la tecla  del mando a distancia o la tecla **F6 (Fin)** del teclado.

Para almacenar los valores medidos, pulsar la tecla ⇨.

Para visualizar la tabla, pulsar la tecla ⌂.

Si durante la medición se produce una diferencia del número de revoluciones excesiva entre el rodillo de carga y el de apoyo (resbalamiento), los valores de medición se representan en la tabla en color rojo.

La memorización de los valores medidos se borran al salir del menú.

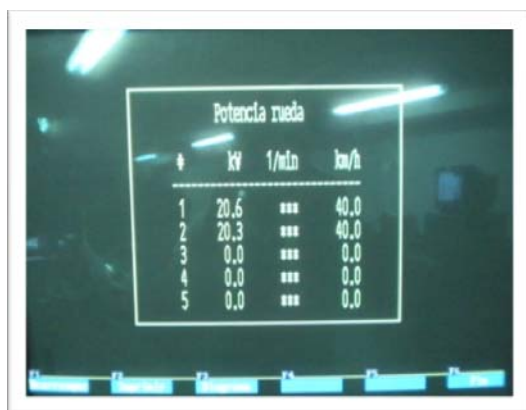


Ilustración 3.33. y 3.34. Pantallas resultados de medición Potencia en rueda

### Representación de los valores de medición.

Los valores de medición almacenados en memoria se pueden visualizar como diagrama.

Llamar la tabla de resultados y pulsar a continuación la tecla **F3 (Diagrama)**.

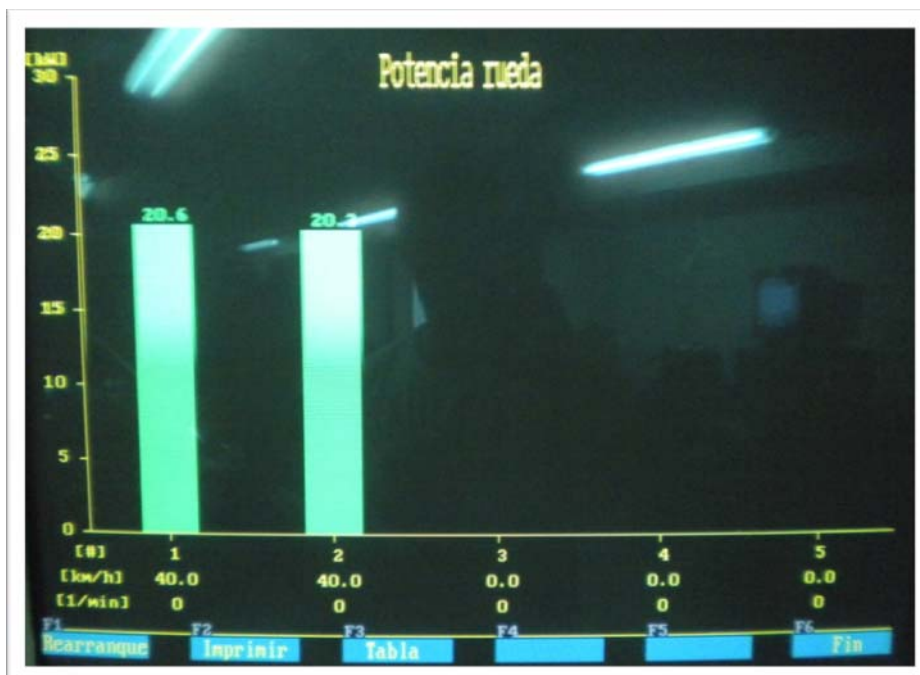



Ilustración 3.35. Pantalla representación gráfica resultados Potencia en rueda

Retorno al menú para selección de programas con la tecla **F6 (Fin)** del teclado o con la tecla  del mando a distancia.

### 3.4.3. Fuerza de tracción

#### Modificación del parámetro de medición $F_{nom}$ :

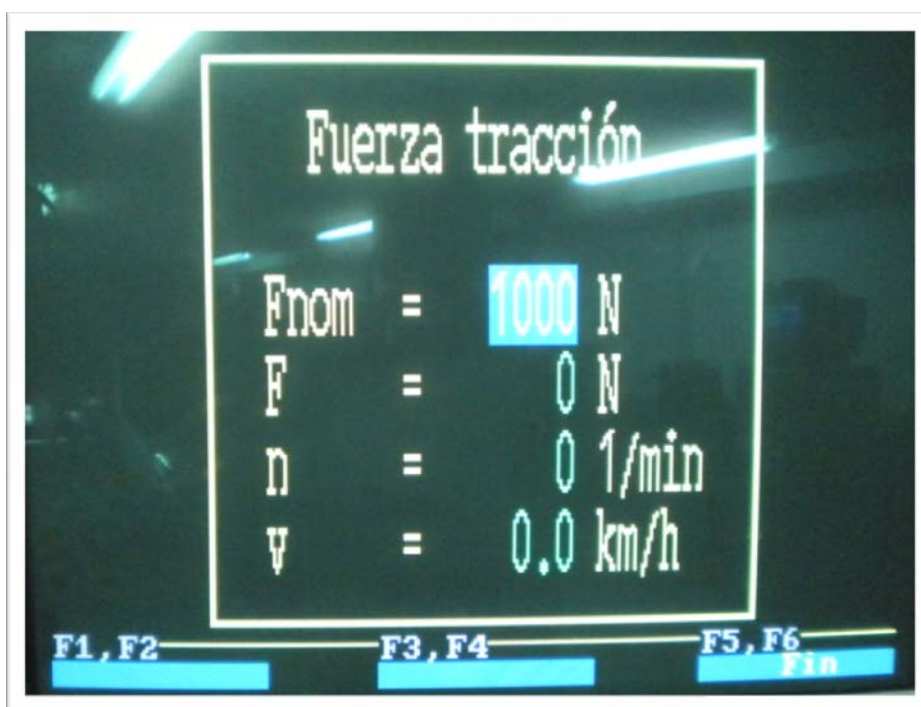


Ilustración 3.36. Pantalla introducción datos Fuerza tracción


Ajustar la fuerza de tracción deseada con la tecla  $< o >$ .


El banco de pruebas está inmediatamente listo para medir con el nuevo parámetro de medición.

#### Desarrollo de la medición:

Arrancar en la primera marcha y cambiar rápidamente a la marcha de comprobación.

A continuación, pisar a fondo el acelerador hasta que ya no varíen los valores de medición indicados para la fuerza de tracción.

La medición en curso se puede terminar pulsando la tecla  del mando a distancia o la tecla **F6 (Fin)** del teclado.

Para almacenar los valores medidos, pulsar la tecla . Se pueden almacenar, visualizar en una tabla hasta 5 valores de medición.

Para visualizar la tabla, pulsar la tecla .

La memorización de los valores medidos se borra al salir del menú.

### Representación de los valores de medición



Ilustración 3.37. y 3.38. Pantallas resultados de medición Fuerza de tracción

Los valores de medición almacenados en memoria se pueden visualizar como diagrama  
Llamar la tabla de resultados y pulsar a continuación la tecla **F3 (Diagrama)**.

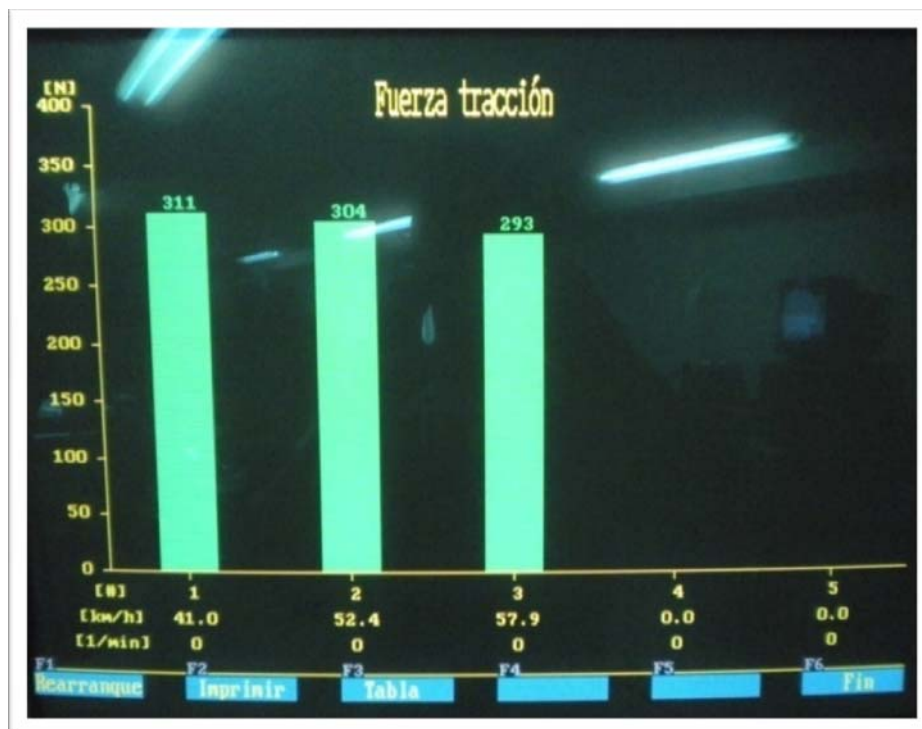



Ilustración 3.39. Pantalla representación gráfica resultados Fuerza de tracción

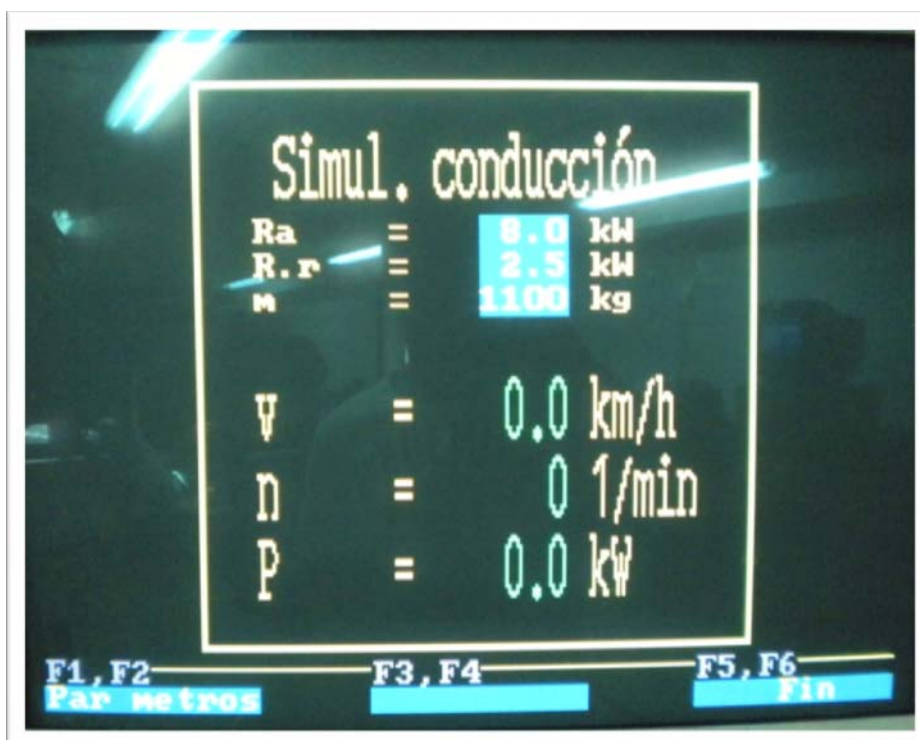
Retorno al menú para selección de programas con la tecla **F6 (Fin)** del teclado o con la tecla  del mando a distancia.



### 3.4.4. Simulación de conducción

Dato  $R_a$  en kW a 90 Km/h

**Modificación de los valores de medición  $R_a$  = Resistencia al aire,  $R_r$  = Resistencia a la rodadura y  $m$  = peso del vehículo:**



*Ilustración 3.40. Pantalla introducción datos Simulación de Conducción*

Tras pulsar la tecla  $\leftarrow$  el cursor está en  $R_a$ . Ajustar la potencia correspondiente pulsando la tecla  $<$  o  $>$ .

Con las teclas numéricas del teclado se puede introducir también directamente  $R_a$ . Confirmar con  $R_a$  y pasar a  $R_r$  con la tecla  $\leftarrow$ . Entrada de  $R_r$  y del peso del vehículo como para  $R_a$ .

Al pulsar la tecla  $\leftarrow$ , el banco de pruebas está de nuevo listo para medir con los nuevos parámetros de medición.

#### **Desarrollo de la medición:**

Tras introducir los parámetros de medición se puede comprobar el ciclo de conducción (marcha) correspondiente.

Para almacenar los valores medidos, pulsar la tecla  $\Rightarrow$ .

Para visualizar la tabla, pulsar la tecla  $\odot$ .

La memorización de los valores medidos se borra al salir del respectivo menú.

### Representación de los valores de medición



Ilustración 3.41. y 3.42. Pantallas resultados de medición Simulación de Conducción

Los valores de medición almacenados en memoria se pueden visualizar como diagrama.

Llamar la tabla de resultados y pulsar a continuación la tecla **F3 (Diagrama)**.

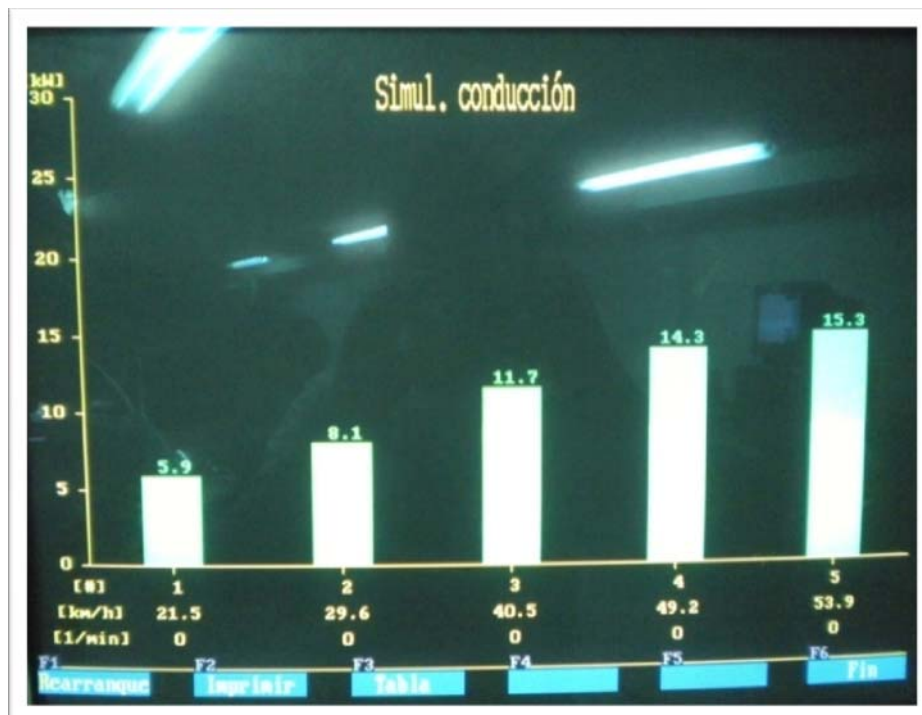



Ilustración 3.43. Pantalla representación gráfica resultados Simulación de Conducción

Retorno al menú para la selección de programas con la tecla **F6 (Fin)** del teclado o con la tecla  del mando a distancia.

### 3.4.5. Aceleración

#### Modificación de los parámetros de medición $V_{arr}$ y $V_{stop}$ :

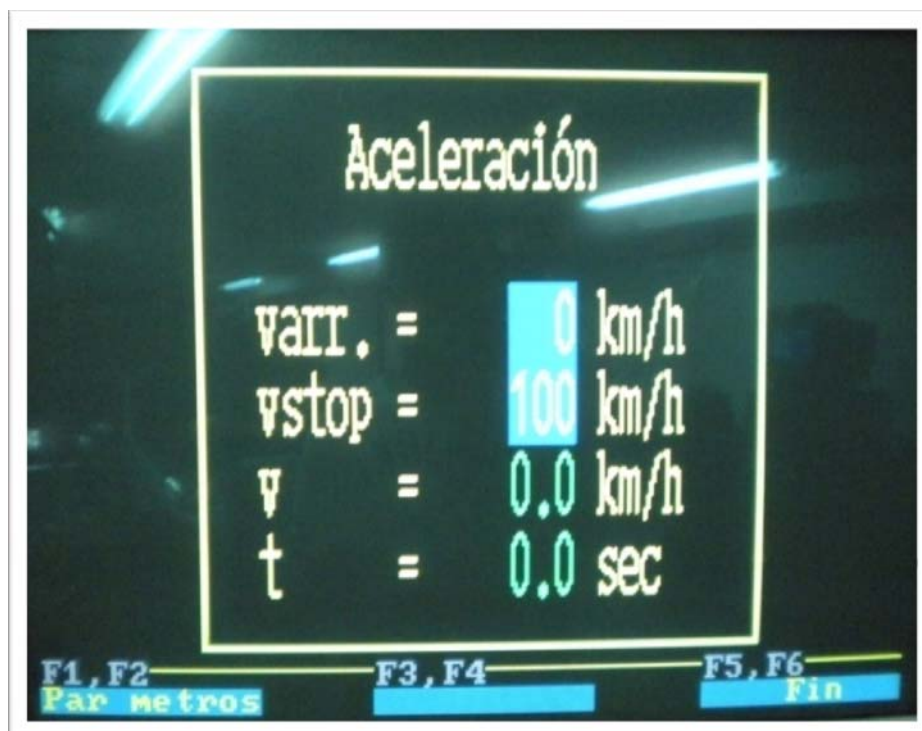


Ilustración 3.44. Pantalla introducción datos Aceleración

- $V_{arr}$  Velocidad de arranque en km/h para medición de la aceleración
- $V_{stop}$  Velocidad final en km/h para medición de la aceleración
- $v$  Velocidad de marcha actual en km/h
- $t$  Tiempo necesario en segundos para acelerar desde  $V_{arr}$  hasta  $V_{stop}$

Tras pulsar la tecla  $\leftarrow$  o la tecla **F1 (Parámetros)** del teclado, el cursor está en  $V_{arr}$ . Pulsando la tecla  $< >$  se ajusta la velocidad correspondiente.

$V_{arr}$  se puede introducir también directamente con las teclas numéricas del teclado. Confirmación de  $V_{arr}$  y paso a  $V_{stop}$  con la tecla  $\leftarrow$ .

Entrada de  $V_{stop}$  como la de  $V_{arr}$

Al pulsar la tecla  $\leftarrow$ , el banco de pruebas vuelve a estar listo para medir con los nuevos parámetros de medición.

Condición básica para el funcionamiento de este modo es  $V_{stop} > V_{arr}$

Los siguientes parámetros de medición están especificados en forma fija y se tienen en cuenta al medir.

- Peso del vehículo: 900 kg
- Resistencia del aire: 8 kW (a 90 km/h)

#### Desarrollo de la medición:

Arrancar en la primera marcha y cambiar rápidamente a la marcha en la que se quiera realizar la prueba. Luego, pisar a fondo el acelerador.

Cuando se alcanza la velocidad de marcha  $V_{arr}$  comienza a contar el tiempo  $t$ .

Cuando se alcanza  $V_{stop}$  se para el tiempo  $t$ . Se sigue indicando la velocidad de marcha actual.

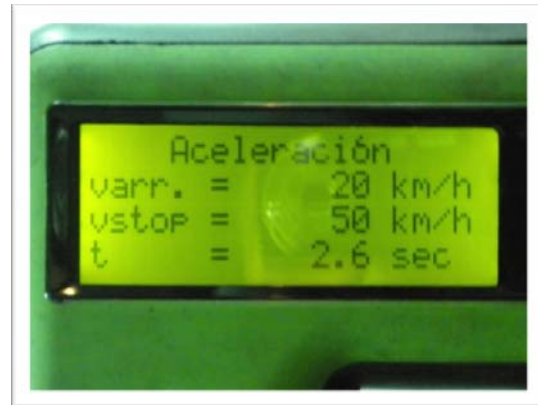
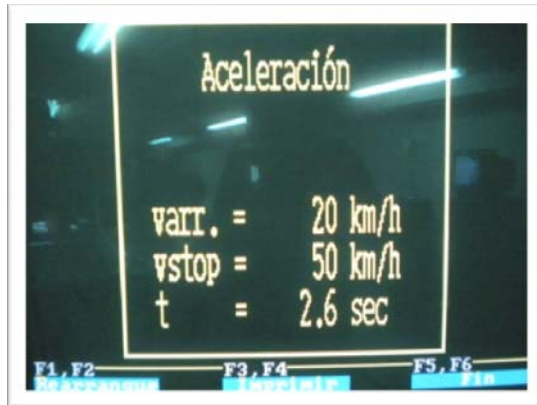


Ilustración 3.45. y 3.46. Pantallas resultados de medición Aceleración

### 3.4.6. Recorrido

**Modificación del parámetro de medición  $S_{prueb}$ :**

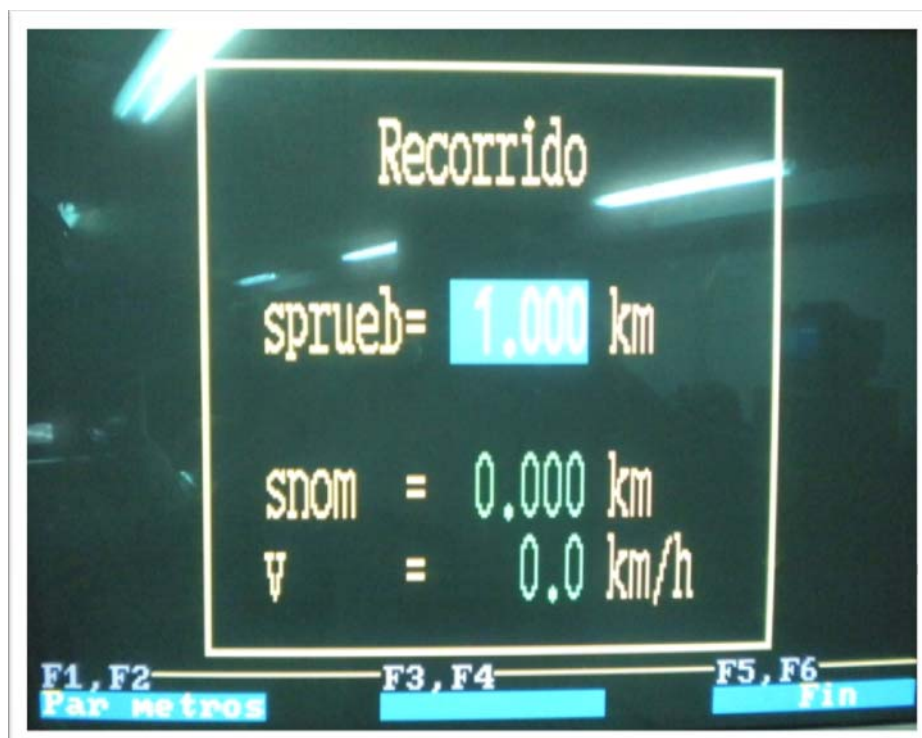


Ilustración 3.47. Pantalla introducción datos Recorrido



---

$S_{\text{prueb}}$	Tramo a recorrer según tacómetro
$S_{\text{nom}}$	Recorrido real
$v$	Velocidad de marcha actual

Tras la tecla  $\leftarrow$ , el cursor está en  $S_{\text{prueb}}$ .

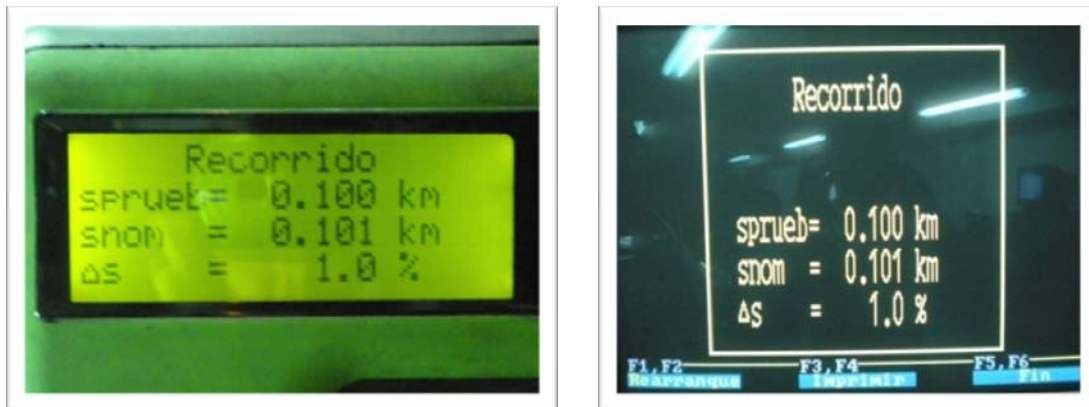
Ajustar el recorrido correspondiente pulsando la tecla  $< o >$ .

Con las teclas numéricas del teclado se puede introducir también directamente  $S_{\text{prueb}}$

Al pulsar la tecla  $\leftarrow$ , el banco de pruebas está listo para medir con el nuevo parámetro de medición.

### Desarrollo de la medición:

Recorrer a baja velocidad el tramo según el tacómetro y compararlo con el tramo realmente recorrido.



*Ilustración 3.48. y 3.49. Pantallas resultados de medición Recorrido*

### 3.4.7. Control de tacómetro

#### Modificación del parámetro de medición $V_{nom}$ :

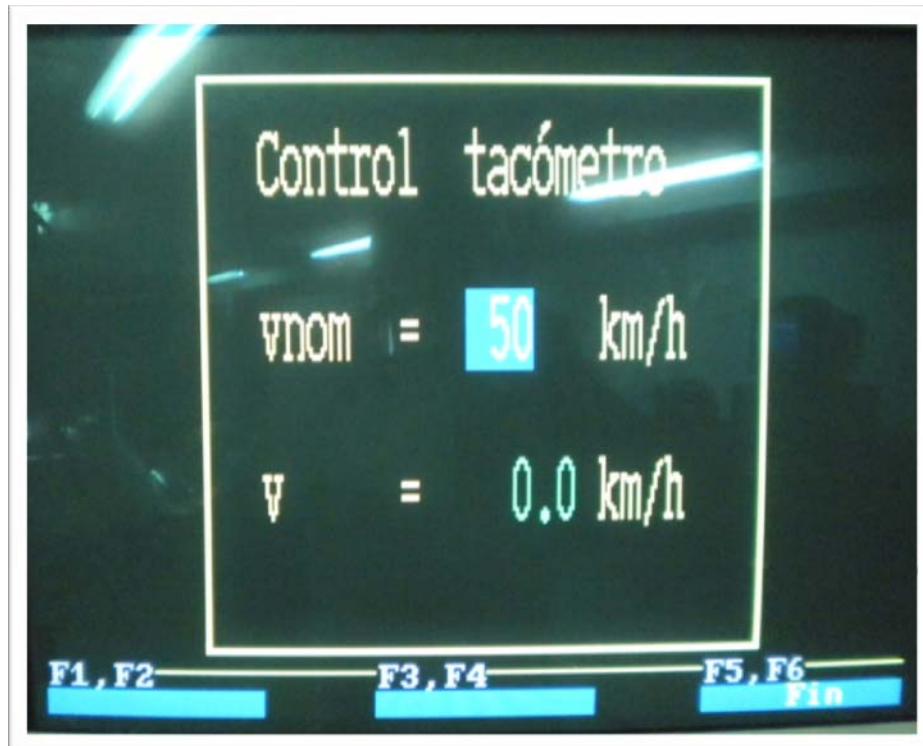


Ilustración 3.50. Pantalla introducción datos Control de Tacómetro

$V_{nom}$  Velocidad a mantener según tacómetro

$V_{real}$  Velocidad real del vehículo, a la que se ha circulado

Tras la tecla  $\leftarrow$ , el cursor está en  $V_{nom}$ .

Ajustar la velocidad de marcha correspondiente pulsando la tecla  $< o >$ .

Con las teclas numéricas del teclado se puede introducir también directamente  $V_{nom}$ .

Al pulsar la tecla  $\leftarrow$ , el banco de pruebas está listo para medir con el nuevo parámetro de medición.

#### Desarrollo de la medición:

Alcanzar la velocidad de marcha correspondiente según tacómetro y confirmar con la tecla  $\rightarrow$ . Se pueden almacenar hasta 10 valores medidos para visualizarlos en una tabla.

Para visualizar la tabla, pulsar la tecla  $\odot$ .

Retorno al menú de selección de programas con la tecla **F1**.

La memorización de valores medidos se borra al salir del menú.

### Representación de los valores de medición

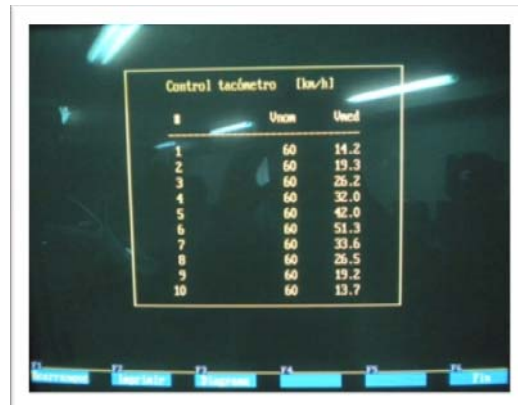


Ilustración 3.51. y 3.52. Pantallas resultados de medición Control Tacómetro

Los valores de medición almacenados en memoria se pueden visualizar como diagrama.

Llamar la tabla de resultados y pulsar a continuación la tecla **F3 (Diagrama)**.

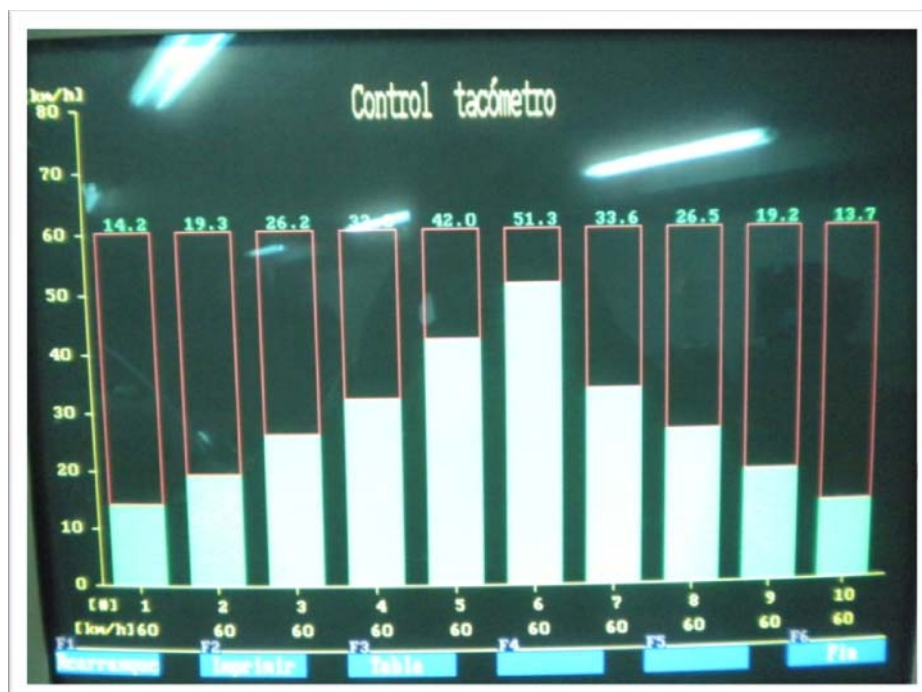



Ilustración 3.53. Pantalla representación gráfica resultados Control de Tacómetro

Retorno al menú para selección de programas con la tecla **F6 (Fin)** del teclado o con la tecla  del mando a distancia.

### 3.4.8. Lectura

El cursor se encuentra en la memoria número 1 o bien en la última medición almacenada en memoria.

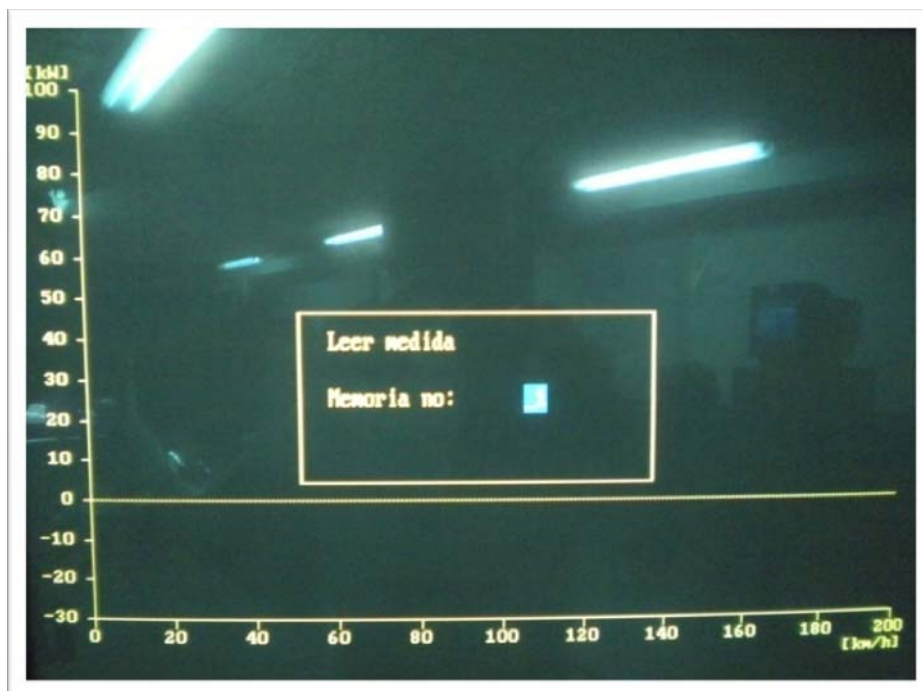


Ilustración 3.54. Pantalla introducción número de memoria

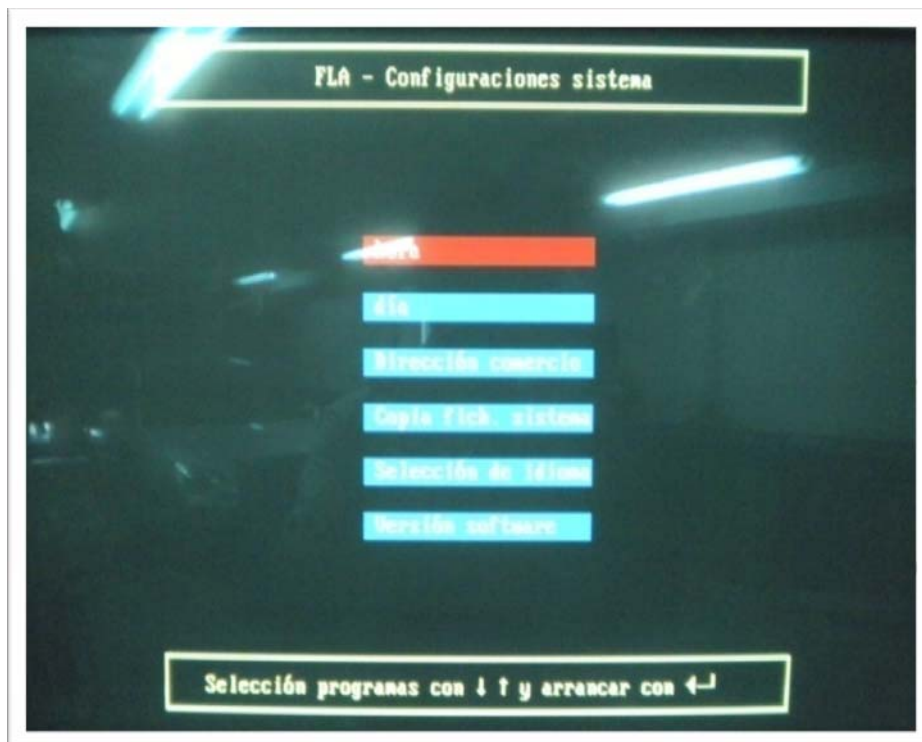
Con la tecla < o > o bien con las teclas numéricas del teclado se puede cargar cualquier memoria que se desee entre 0 y 49.

Si en la memoria correspondiente al número seleccionado no hay almacenados valores de medición, aparece la indicación "Memoria vacía".

En el visualizador del mando a distancia se representan numéricamente los valores de medición leídos. En el monitor, los valores de medición se representan numéricamente y en forma gráfica.

### 3.4.9. Configuración

En la selección de programas se representan los distintos programas de configuración.



*Ilustración 3.55. Pantalla configuración del sistema*

Selección con la tecla < o >. Confirmación y activación con la tecla ↵.

- **Programa Fecha y hora**

Se debe modificar la hora, se tiene que pulsar ↵.

Pulsando la tecla < o > y confirmando a continuación con la tecla ↵ se ajustan las horas o los minutos. Se retorna al menú e configuración con la tecla ⌂.

La fecha se ajusta en forma igual a la hora.

- **Programa Dirección del concesionario (taller)**

Se dispone de 6 líneas para introducir la dirección del concesionario. En cada línea se pueden introducir 40 caracteres como máximo. La introducción se puede efectuar con el mando a distancia o con el teclado. A continuación se describen las dos posibilidades:

---

Entrada/modificación de texto pulsando la tecla  $\leftarrow$ . El cursor parpadea en la primera letra de la primera línea.

Introducir el texto deseado por medio del teclado.

El texto se borra con la tecla **espaciadora** (Space).

La segunda y cada otra línea subsiguiente se seleccionan con la tecla  $\odot$ .

Se retorna al menú de configuración con la tecla  $\odot$ .

- **Copiar fichero del sistema (crear disquete de trabajo)**

A fin de que no se pierdan los datos en caso de deterioro del disquete de seguridad, se tiene que crear un disquete de trabajo

- **Selección de idioma.**

Se representan los idiomas seleccionables.

Selección con las teclas < o > del mando a distancia o con las teclas  $\uparrow \downarrow$  del teclado. Confirmación y activación con la tecla  $\leftarrow$ .

El programa se inicia de nuevo. A continuación, el banco de pruebas está listo para funcionar con el idioma elegido.

- **Versión del software**

Al seleccionar este programa aparece brevemente la versión de software del banco de pruebas.



## **4.- DISEÑO DE LOS ÚTILES DE CALIBRACIÓN**

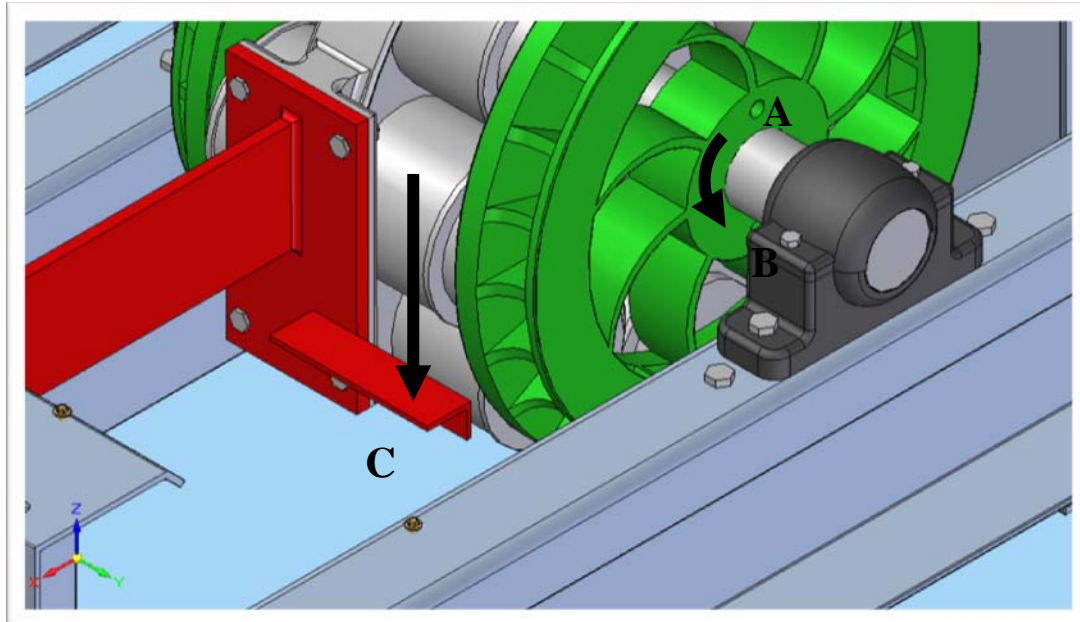
---





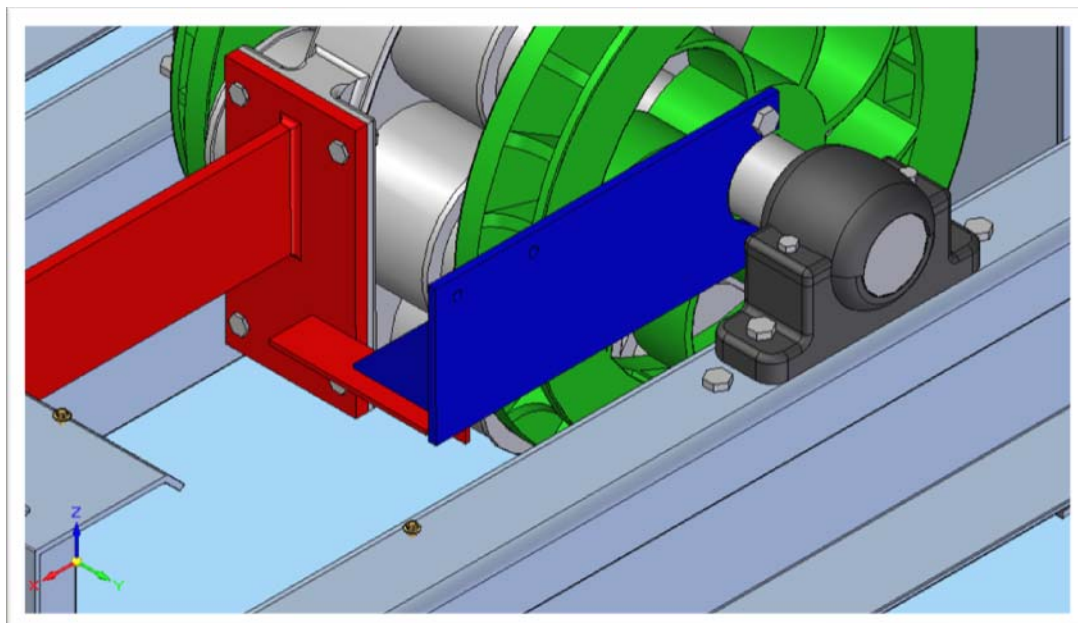
### 4.1. Consideraciones previas.

Para el diseño de un útil específico para este banco de potencia debemos tener en cuenta primeramente la geometría del mismo:



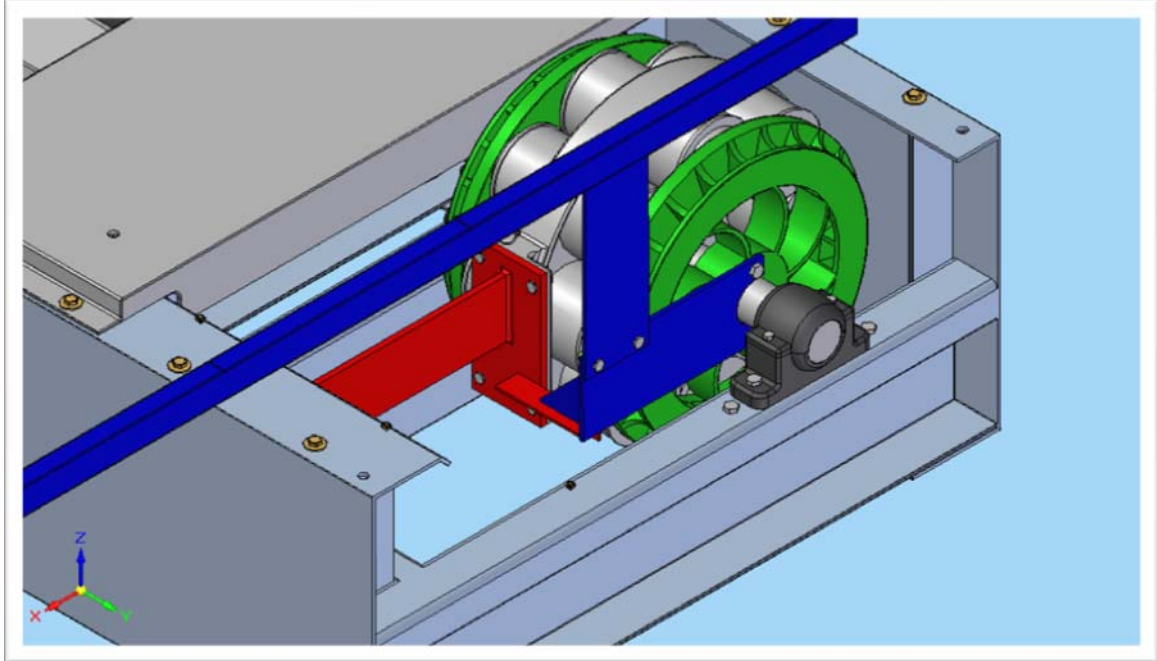
*Ilustración 4.1. Puntos de anclaje del útil de calibración.*

El útil de calibración se deberá anclar en los orificios A y B. La fuerza patrón de calibración se deberá aplicar en punto C. Necesitaremos un útil que conecte estos tres puntos:



*Ilustración 4.2. Patrón de conexión de los puntos A, B y C.*

El APOYO01 (en azul en la imagen) cumple con estas características, sólo que para aplicar la fuerza necesitamos hacerlo a una distancia determinada, por lo que añadimos un BRAZO01 para poder ejercerla:



*Ilustración 4.3. Brazo de calibración BRAZO01 montado sobre apoyo APOYO01.*

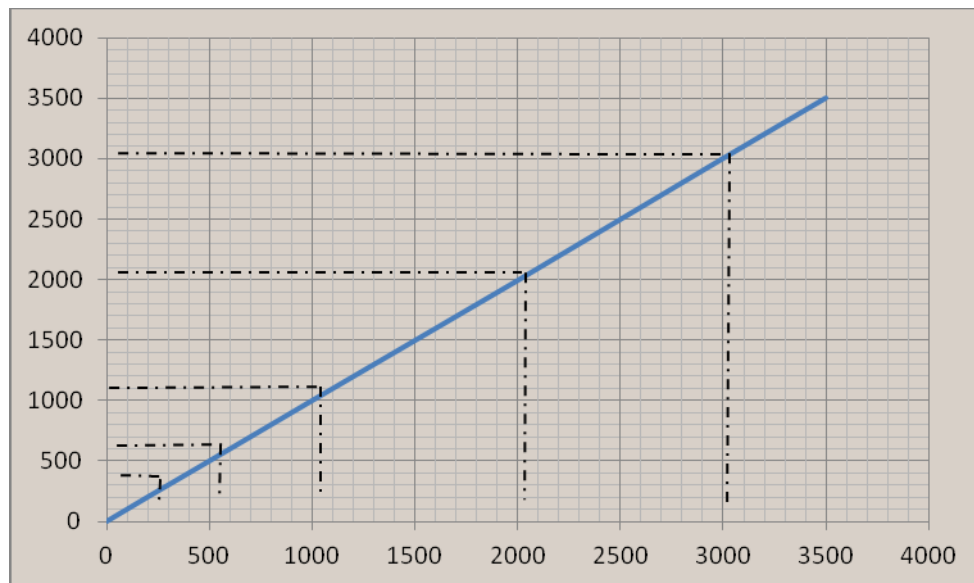
Este brazo irá con una estructura hueca en la parte superior por doble motivo: reducir el peso del conjunto y poder posteriormente colocar un contrapeso que consiga contrarrestar la fuerza que ejerce la masa propia de la barra. Irá anclado al apoyo por medio de unos tornillos de métrica M12.

## 4.2. Estudio dimensional.

En este tipo de calibraciones de fuerza el procedimiento consiste en sustituir el momento de fuerza que el neumático ejerce sobre el rodillo por otro conocido. Este momento se ejerce por medio de la fuerza que produce una masa patrón a una distancia conocida.

Tenemos que tener en cuenta el rango de medida del banco de potencia BOSCH, siendo este de entre 0 y 3.500N.

Para poder cubrir todo el rango de medida del banco de potencia usaremos los puntos de verificación 200N, 500N, 1000N, 2000N y 3000N.



Gráfica 4.1. Puntos de calibración del Banco de Potencia, en Newtons.

Nos centraríamos sobre todo en la zona baja ya que la fuerza que ejerce un motor se encuentra más en esta zona de fuerza que en la zona alta.

Para la calibración dispondremos de unos patrones de fuerza conocidas, aprovechando los patrones disponibles en el LABITV estos son los correspondientes a 5kg, 15kg y 30kg.

Para poder verificar estos puntos de medida calcularemos la distancia necesaria a la que tenemos que poner cada uno de los tres patrones para obtener los valores de fuerza de la gráfica.

La estructura de la barra montada sería la siguiente:

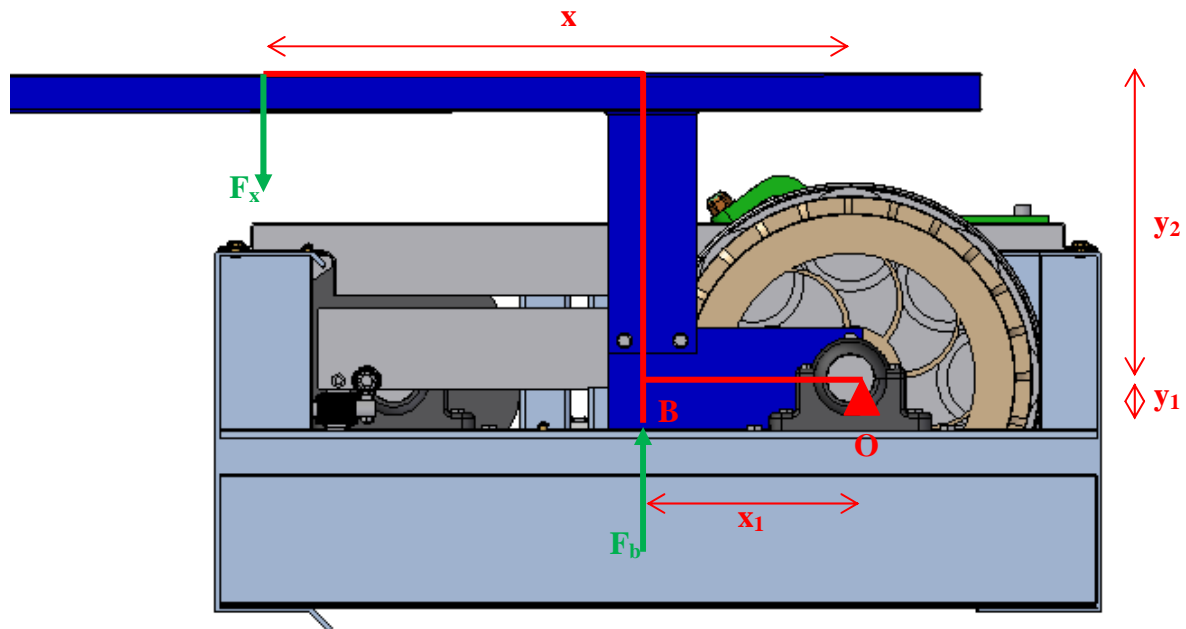


Ilustración 4.4. Reparto estructural de fuerzas en el útil de calibración.

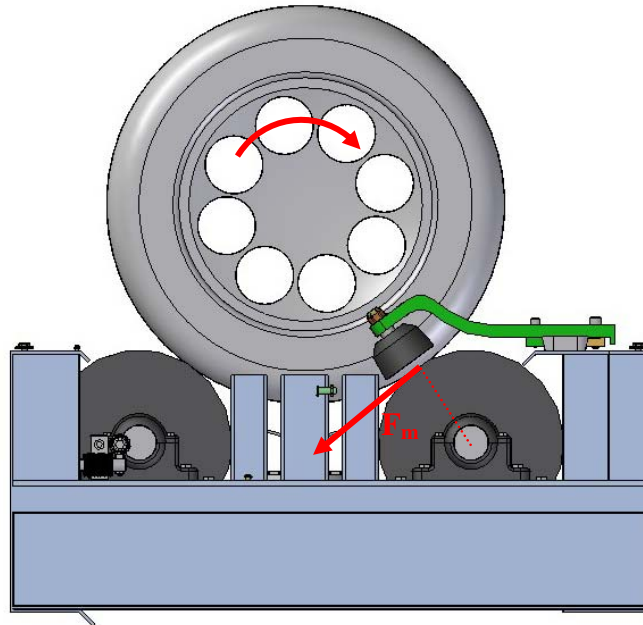
Realizando un pequeño estudio estructural obtenemos:

$$\sum M_O = 0 \rightarrow F_x \cdot x - F_b \cdot x_1 = 0 \quad (4.1)$$

La fuerza  $F_b$  que aplicamos sobre la estructura que une la célula de carga y los frenos de corrientes será de un valor:

$$F_b = F_x \cdot \frac{x}{x_1} \quad (4.2)$$

Igualando este término con el momento que genera una rueda sobre los rodillos será:



*Ilustración 4.5. Dirección y sentido de la fuerza de la rueda sobre el rodillo.*

$$\frac{F_m \cdot \phi_{\text{rodillo}}}{2} = F_b \cdot x_1 \quad (4.3)$$

$$\frac{F_m \cdot \phi_{\text{rodillo}}}{2} = F_x \cdot \frac{x}{x_1} \cdot x_1 \quad (4.4)$$

$$F_m = F_x \cdot x \cdot \frac{2}{\phi_{\text{rodillo}}} \quad (4.5)$$

Conociendo el diámetro del rodillo del banco de potencia ( $\approx 318\text{mm}$ ) podemos obtener las posibles combinaciones de distancias a las que habrá que situar las masas antes descritas:

$F_m$ (N)	$F_x$ (kg)	$x$ (mm)	FACTIBLE
200	5	648.3	SI
500	5	1620.8	SI
1000	5	3241.6	NO
2000	5	6483.2	NO
3000	5	9724.8	NO
200	15	216.1	SI
500	15	540.3	SI
1000	15	1080.5	SI
2000	15	2161.1	NO
3000	15	3241.6	NO
200	30	108.1	SI
500	30	270.1	SI
1000	30	540.3	SI
2000	30	1080.5	SI
3000	30	1620.8	SI

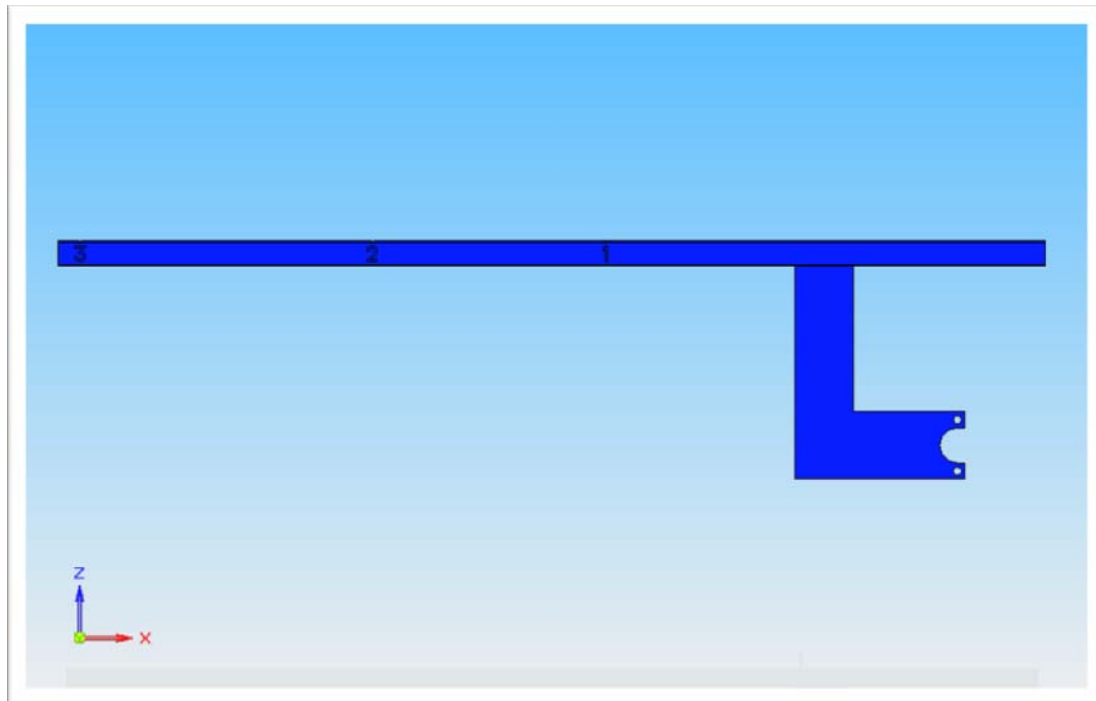
Tabla 4.1. Estudio de las posibles distancias de aplicación de fuerza.

Descartamos combinación de masas tal que supere los dos metros de distancia para diseñar una barra que se pueda transportar con mayor facilidad. Los puntos de comprobación de la parte baja de la escala se debería medir con la masa de menor peso así como los valores de la parte alta (2000N y 3000N) únicamente se puede medir con la masa de 30kg

Entonces habrá que realizar muescas a tres distancias 650 mm, 1080 mm y 1620 mm con respecto al centro de giro O para poder situar las masas patrón.

### 4.3. Estudio geométrico.

Esta barra de calibración compuesta por dos partes, apoyo y brazo, supondría un aumento de la incertidumbre de la medida con respecto a una única barra fija. El diseño de la BARRA01 subsana este problema.



*Ilustración 4.6. Vista general de la BARRA01.*

Visualmente podíamos considerar que esta barra no estaría demasiado bien equilibrada para contrapesarla. Cuanta más masa situemos cercano al punto de giro, menos fuerza necesitaremos que aplique el contrapeso.

Realizaremos un estudio del centro de gravedad (c.d.g.) para confirmar esta teoría.

$$X_{cdg} = \frac{\sum_1^n [v_i \cdot \rho_i \cdot x_i]}{\sum_1^n v_i \cdot \rho_i} = \frac{\rho_i}{\rho_i} \cdot \frac{\sum_1^n [v_i \cdot x_i]}{\sum_1^n v_i} = \frac{\sum_1^n [v_i \cdot x_i]}{\sum_1^n v_i} \quad (4.6)$$

$$Y_{cdg} = \frac{\sum_1^n [v_i \cdot \rho_i \cdot y_i]}{\sum_1^n v_i \cdot \rho_i} = \frac{\rho_i}{\rho_i} \cdot \frac{\sum_1^n [v_i \cdot y_i]}{\sum_1^n v_i} = \frac{\sum_1^n [v_i \cdot y_i]}{\sum_1^n v_i} \quad (4.7)$$

$$Z_{cdg} = \frac{\sum_1^n [v_i \cdot \rho_i \cdot z_i]}{\sum_1^n v_i \cdot \rho_i} = \frac{\rho_i}{\rho_i} \cdot \frac{\sum_1^n [v_i \cdot z_i]}{\sum_1^n v_i} = \frac{\sum_1^n [v_i \cdot z_i]}{\sum_1^n v_i} \quad (4.8)$$

Toda la barra estará construida del mismo acero, por lo que podemos simplificar la densidad en ambos términos.





La siguiente tabla resume las piezas en las que se ha dividido la estructura principal para el cálculo del c.d.g. en formas básicas para el cálculo:


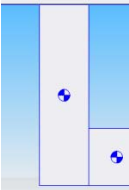
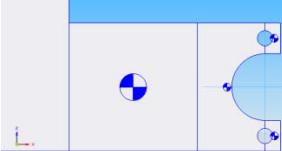
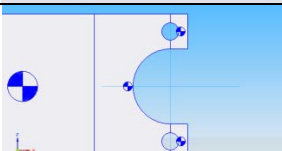
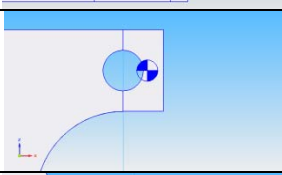
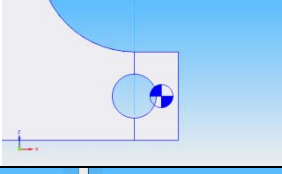
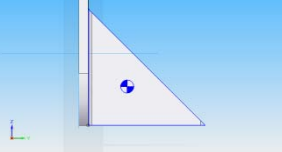
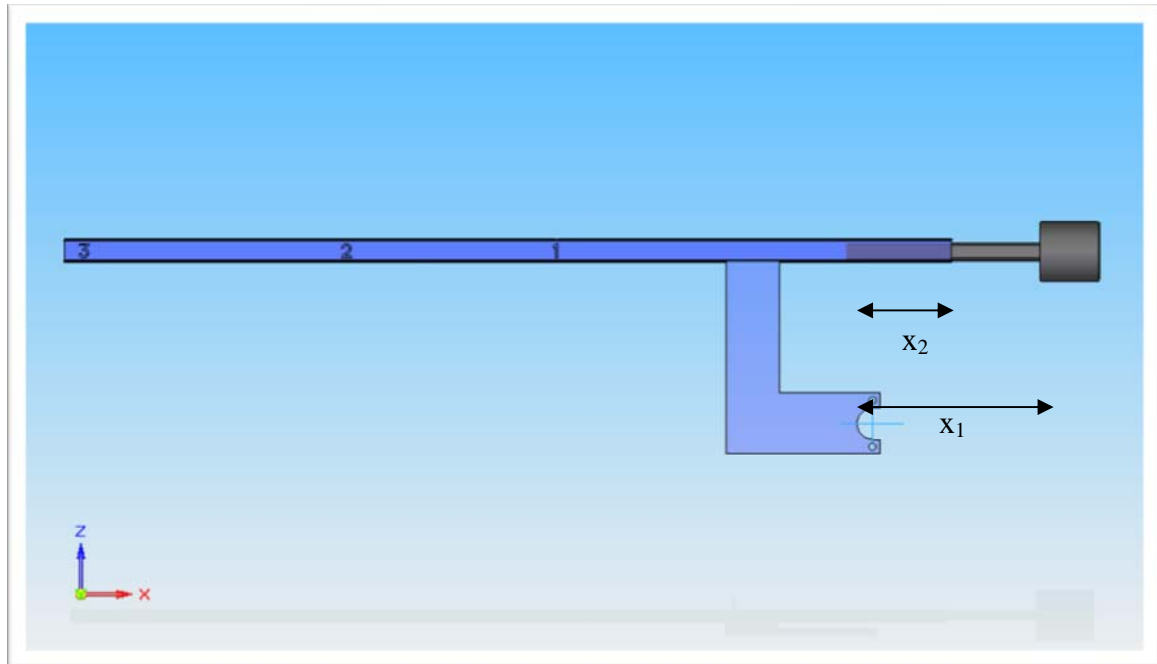
Pieza	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	X <sub>cdg</sub> (mm)	Y <sub>cdg</sub> (mm)	Z <sub>cdg</sub> (mm)
	Área Lateral 413,14	753983,41	750	355	0
	43450	304150	246	135	0
	43450	109375	128,5	0	0
	15625	41836,45	36,925	0	0
	361,64	2531,48	-8,56	47,5	0
	361,64	2531,48	-8,56	-47,5	0
	3924,10	19620,5	283	-25,06	33,03
<b>Total</b>		1234025,41	535,98	249,78	0,52

Tabla 4.2. Estudio del centro de gravedad de la BARRA01.

Para que la barra no ejerza ningún tipo de fuerza una vez montada sobre el banco de potencia, el centro de gravedad en el eje de las x deberá coincidir con el centro de giro del rodillo anclado a la célula de carga, por lo que debemos colocar un contrapeso tal que  $\bar{X}'_{cdg} = 0$ .

Se utilizará un contrapeso de cabeza cilíndrica y cuerpo rectangular macizo según especificaciones del Anexo 2.



*Ilustración 4.7. Vista general de la BARRA01 con contrapeso.*

Se considerará que la barra de calibración y el contrapeso están construidas con el mismo material, y por lo tanto tienen la misma densidad.

$$\bar{X}_{cdg} = \frac{\sum_1^n [v_i \cdot x_i]}{\sum_1^n v_i} = 0 \rightarrow \sum_1^n [v_i \cdot x_i] = 0 \quad (4.9)$$

$$v_{barra} \cdot \bar{X}_{cdg} + v_2 \cdot x_{cdg_2} + v_1 \cdot x_{cdg_1} = 0 \quad (4.10)$$

Siendo  $x_1$  y  $x_2$  la posición del c.d.g. de cada una de las dos piezas básicas de la que se compone el contrapeso (cabeza y barra respectivamente)

El contrapeso es móvil en el interior de la barra de calibración, por lo que los valores de  $x_2$  y  $x_1$  podrán variar. Pero siempre habrá una relación entre ellos que de acuerdo con las dimensiones del contrapeso en el Anexo 2 será:

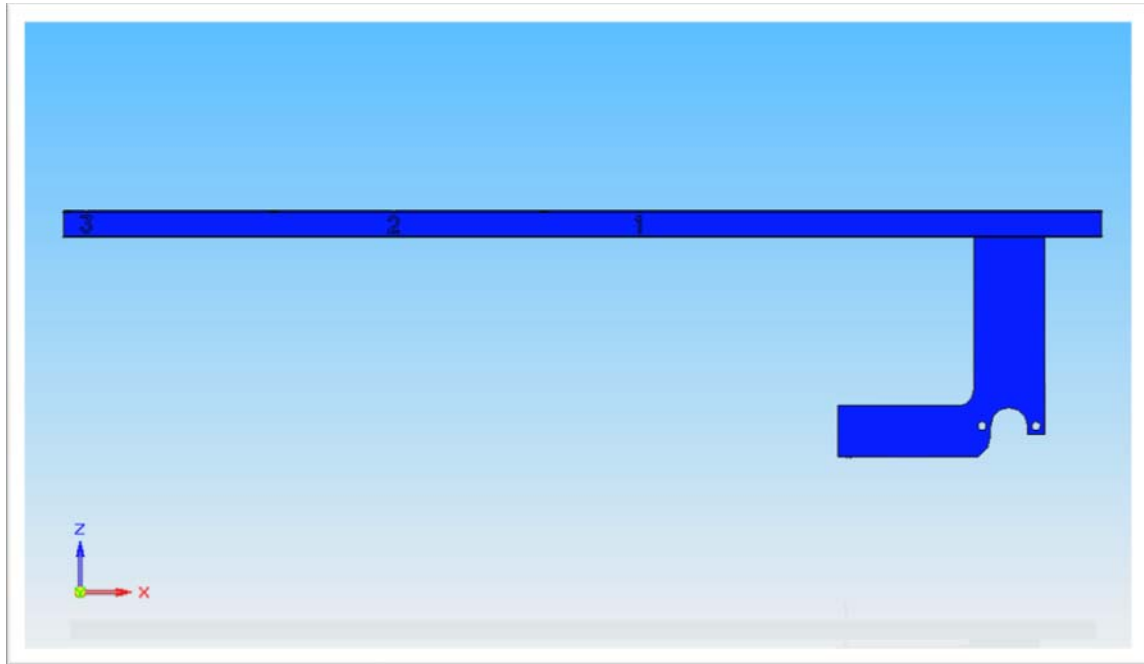
$$x_{cdg_1} = x_{cdg_2} + 260 \quad (4.11)$$

Con las dimensiones del plano en el Anexo 2, obtenemos que el contrapeso deberá situarse a:

---

$$x_{cdg_1} = 452,8 \text{ mm}$$

Con el fin de situar el centro de gravedad más cerca del punto de giro, trasladaremos parte de la estructura a esa zona, quedando la nueva barra BARRA02 de la siguiente manera:



*Ilustración 4.8. Vista general de la BARRA02.*

Al igual que en la BARRA01 estudiamos el centro de gravedad para ver las dimensiones del contrapeso, y en el caso de ser el mismo, la distancia aproximada a la que se deberá situar.

Utilizaremos exactamente las mismas ecuaciones (4.6), (4.7) y (4.8) que utilizamos en el cálculo para la BARRA01.

La siguiente tabla resume las piezas en las que se ha dividido la estructura principal para el cálculo del c.d.g. en formas básicas para el cálculo:

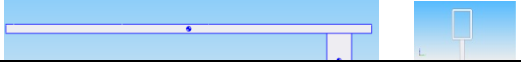
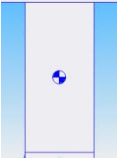

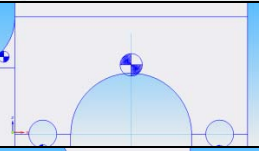


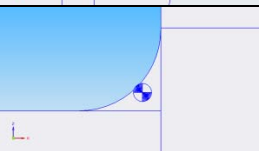

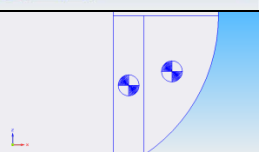
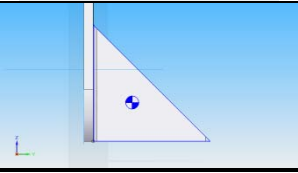
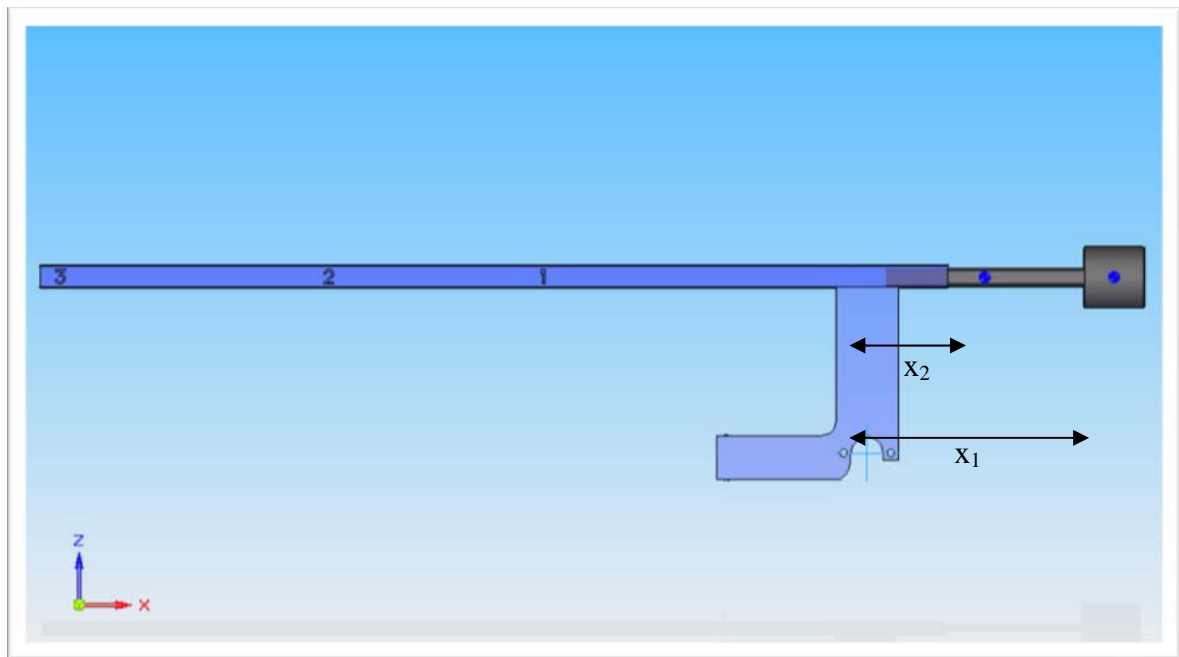
Pieza	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	X <sub>cdg</sub> (mm)	Y <sub>cdg</sub> (mm)	Z <sub>cdg</sub> (mm)
	Área Lateral 413,14	753983,41	750	355	0
	33750	236250	0	197,5	0
	21465	150255	181,75	-9,75	0
	5976,64	41839,69	0	36,93	0
	361,64	2531,48	-47,5	-8,56	0
	361,64	2531,48	47,5	-8,56	0
	153,67	1075,73	69,19	43,27	0
	560,86	3926,02	45,78	-30,83	0
	361,64	2531,48	58,13	-35,8	0
	3924,10	19620,5	283	-25,06	33,03
<b>Total</b>		1214544,79	534,38	258,29	0,53

Tabla 4.3. Estudio del centro de gravedad de la BARRA02.

Utilizando un contrapeso con las mismas dimensiones que para el cálculo del c.d.g. de la BARRA01 (dimensiones en Anexo 2) obtenemos:



*Ilustración 4.9. Vista general de la BARRA02 con contrapeso.*

$$x_{cdg_1} = 410,2 \text{ mm}$$

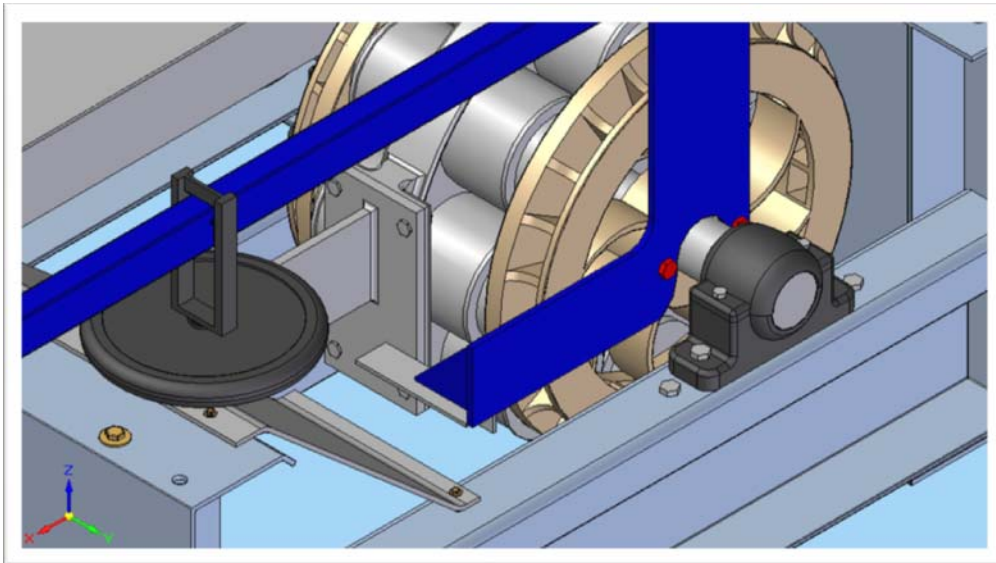
Lo que nos indica que este contrapeso sería correcto para cualquiera de las dos posibles barras estudiadas.

La diferencia entre la BARRA01 y la BARRA02 para contrapesar es de 4 cm, lo cual no es significativo para decantarnos entre una u otra. Para poder decantarnos por una tenemos que observar dos factores que hasta ahora no teníamos en cuenta, costes de fabricación y ergonomía de uso.

En cuando a los costes de fabricación, la diferencia no sería significativa entre las dos, la diferencia de material usado sería aproximadamente de 150 g (acero con  $\rho = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) a favor de la BARRA02 y no habría prácticamente diferencia entre la dificultad de las soldaduras.

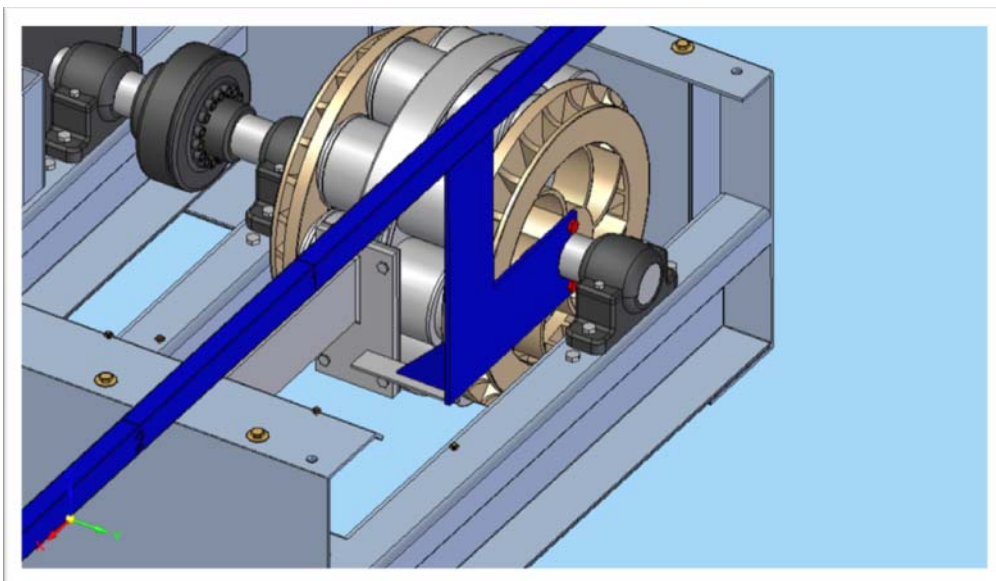
Diferente es el caso si analizamos la ergonomía de uso de las dos. El punto de anclaje con el freno de corrientes se realiza mediante dos tornillos roscados, en la BARRA02 el acceso a los orificios es relativamente sencillo ya que se encuentran el horizontal los dos (en la imagen 4.10. en color rojo).





*Ilustración 4.10. Puntos de anclaje de la BARRA02.*

En la BARRA01, el acceso a los dos orificios del disco del freno de corrientes es complicado ya que los orificios del brazo se encuentran en vertical.



*Ilustración 4.11. Puntos de anclaje de la BARRA01.*

En conclusión, valorando todos los factores anteriores, nos decantamos por la BARRA02.



## 5. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

---



## 5.1. Consideraciones e instrumentación

### 5.1.1. Instrumento a calibrar.

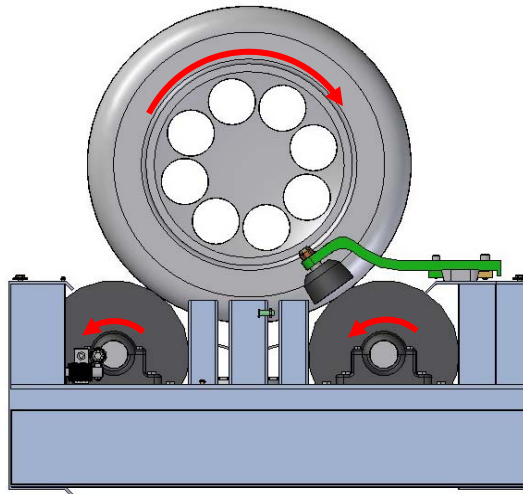
El banco de potencia BOSCH FLA 203 es un instrumento de medida de fuerza y velocidad que, combinando estos dos valores, obtiene los resultados en gráficas de par y potencia del vehículo a ensayar.

Considerando estas dos magnitudes a calibrar, se dividirá el procedimiento en dos, variación para fuerza y para distancia.

- **Medida de fuerza**

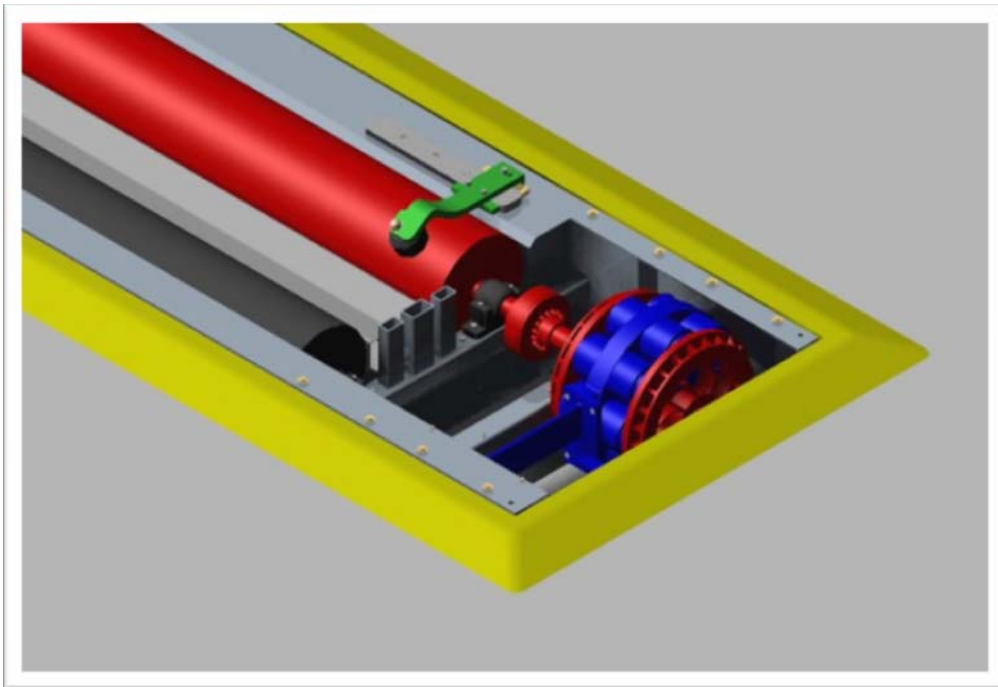
El banco de potencia mide la fuerza en rueda por el siguiente proceso:

La rueda ejerce un momento sobre los rodillos.



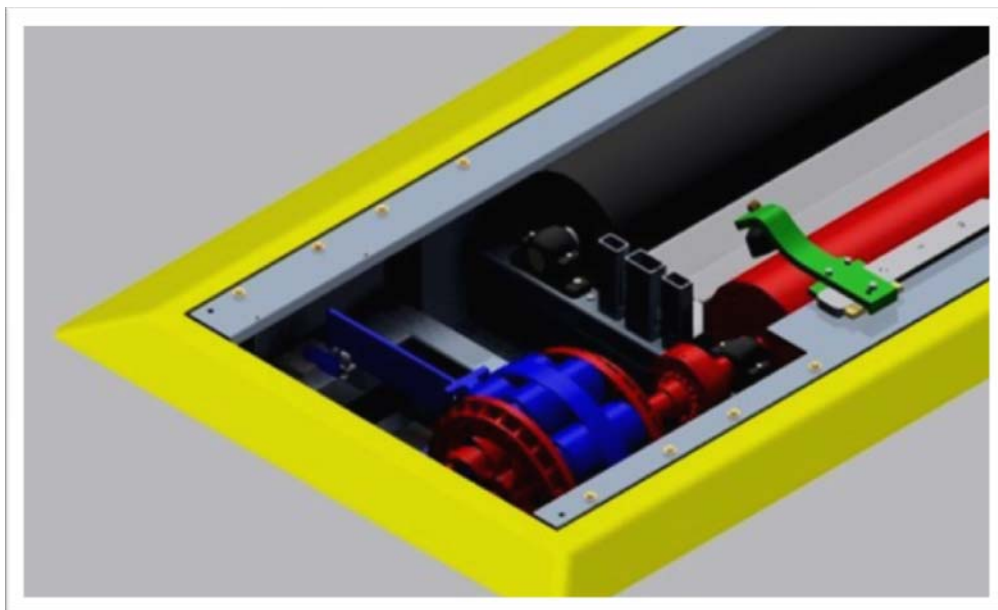
*Ilustración 5.1. Sentido de giro de los rodillos del banco de potencia.*

Estos rodillos van unidos mediante un embrague de compensación a los discos del freno de corrientes Foucault (en la imagen en rojo)

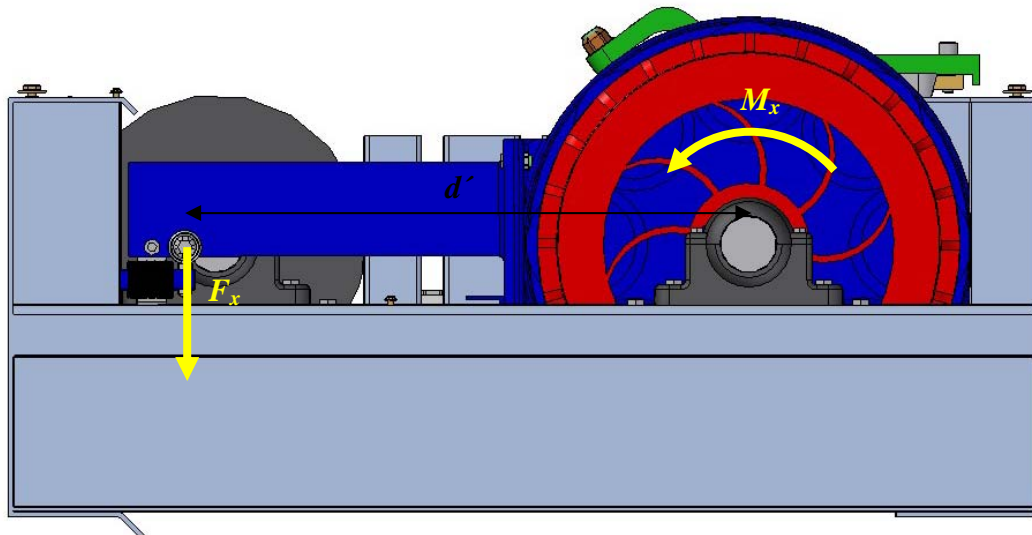


*Ilustración 5.2. Cadena cinemática del banco de potencia.*

Las zapatas del freno de corrientes (en la imagen en azul) ejercen una fuerza axial para frenar el rodillo. Debido al rozamiento entre la zapata y los discos se crea un momento ( $M_x$ ) que es trasladado, por medio de un brazo metálico de una longitud determinada ( $d$ ), en forma de fuerza ( $F_x$ ) a la célula de carga.



*Ilustración 5.3. Cadena cinemática del banco de potencia, vista desde otro lateral.*



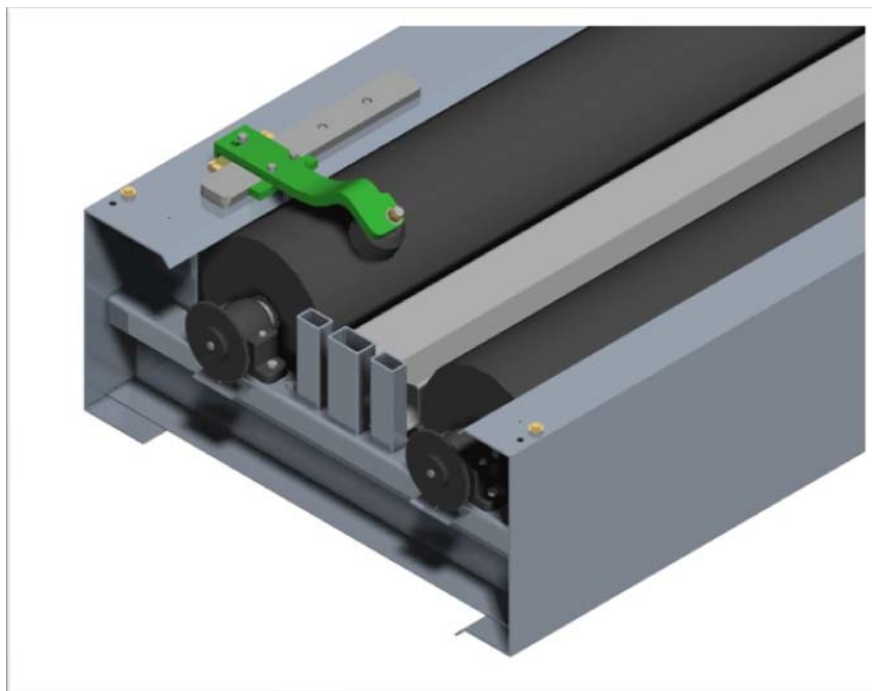
*Ilustración 5.4. Esquema de fuerzas aplicadas en la célula de carga.*

- **Medida de distancia**

El sistema que equipa el banco de potencia para medir distancia y velocidad es el mismo que se integra en velocímetros utilizados en la Inspección Técnica de Vehículos para comprobación de taxímetros.

Consiste en sensores magnéticos que se sitúan enfrentados a dos ruedas dentadas que giran solidarias a los rodillos donde apoya la rueda del vehículo.

El paso de diente por vuelta es de 100 dientes/vuelta.



*Ilustración 5.5. Ruedas dentadas solidarias con los rodillos.*



### 5.1.2. Instrumentos y patrones utilizados para la calibración

Los instrumentos y patrones utilizados para la calibración del banco de potencia son:

- Equipo de medida de condiciones ambientales, de temperatura, humedad y presión.



- Calibre tipo pie de rey



- Sonda de profundidad



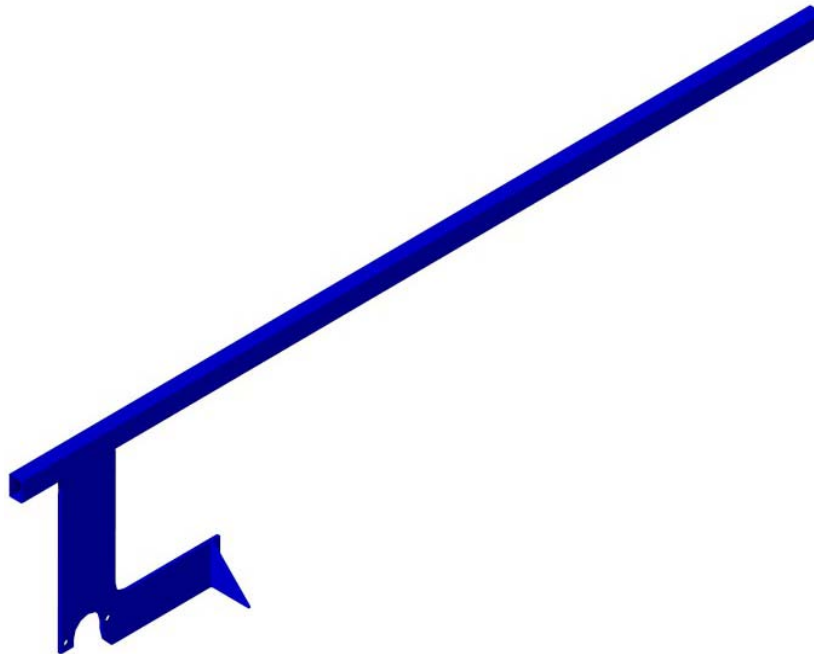
- Circómetro o cinta de trazos flexibles.



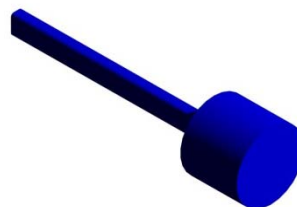
- Inclínómetro digital.



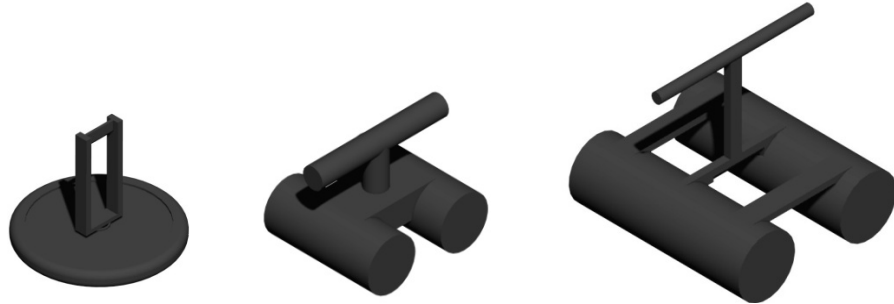
- Barra de calibración del banco de potencia. Diseñada en este mismo documento.



- Contrapeso, para la barra de calibración.



- Juego de masas patrón con asideras y filo que se introduce en las muescas de la barra de calibración. Los valores nominales de estas masas son 5, 15 y 30 kg.



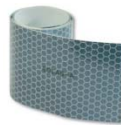
- Contador de vueltas equipado con sensor óptico.



- Soporte (trípode) para sensor óptico.



- Cinta reflectante.



Todo este instrumental se debería inventariar y pasar por calibración de laboratorios externos con excepción a estos dos últimos, el soporte del contador de vueltas y la cinta reflectante.

## 5.2. Procedimiento de medida

### 5.2.1. Procedimiento de medida de fuerza

El momento realizado por la rueda sobre el rodillo del banco de potencia se puede calcular como:

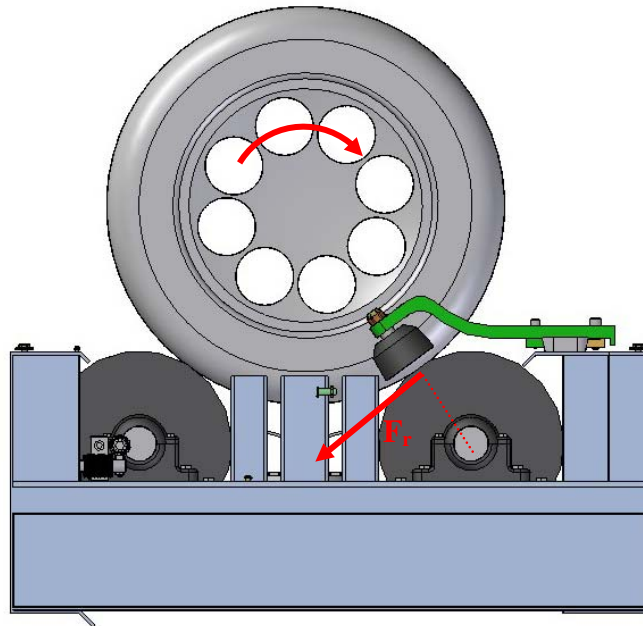


Ilustración 5.6. Dirección y sentido de la fuerza de la rueda sobre el rodillo.

$$M_r = F_r \cdot \frac{\phi}{2}$$

(5.1)

El método de calibración se realizará en estático. Consistente en la aplicación de una fuerza conocida partiendo de unas masas calibradas a una distancia conocida.

Esta fuerza sustituirá la ejercida por la rueda de la siguiente manera

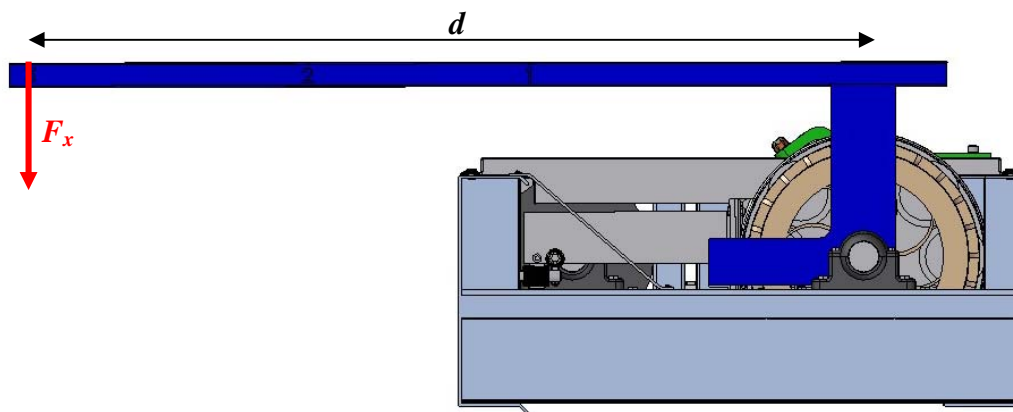


Ilustración 5.7. Fuerza ejercida por la masa patrón.

$$M_r = F_x \cdot d \quad (5.2)$$

Si igualamos las expresiones anteriores (5.1) y (5.2) obtenemos la expresión de la fuerza obtenida según nuestro calor calibrado:

$$F_r = F_x \cdot d \cdot \frac{2}{\phi} = m_x \cdot g \cdot d \cdot \frac{2}{\phi} \quad (5.3)$$

Siendo:

$F_r$  valor resultado del proceso de calibración.

$m_x$  masa del patrón de referencia.

$d$  distancia del patrón de referencia.

$\phi$  diámetro de los rodillos obtenido a partir de su medida por el circómetro.

$g$  valor medio de la gravedad del territorio nacional. Considerando los valores máximos

y mínimos de la gravedad según el Centro Nacional de Información Geográfica:

$$g_{min} = 9,7990017 \frac{m}{s^2}$$

$$g_{max} = 9,8049737 \frac{m}{s^2}$$

Con valor medio de gravedad en el territorio español:  $g_{min} = 9,8019877 \frac{m}{s^2}$

### 5.2.2. Procedimiento de medida de distancia

El método de calibración consiste en la comparación de una distancia determinada conocida con los valores que se obtienen en el banco de potencia.

La distancia recorrida por los rodillos se puede calcular con la expresión:

$$d = n \cdot \pi \cdot \phi \quad (5.4)$$

Siendo:

$n$  número de vueltas que recorren los rodillos (número entero)

$\phi$  diámetro medio del rodillo obtenido con el circómetro. Siendo el mismo que para el cálculo de fuerza.

## 5.3. Procedimiento de calibración

### 5.3.1. Requisitos previos

Antes de proceder a la calibración del banco de potencia, se ha de realizar una inspección cualitativa del estado general del equipo, en concreto el estado de la célula de carga.

Se deberá de comprobar también el estado de los patrones y la vigencia del certificado de los mismos.

### 5.3.2. Ejecución de la calibración

La calibración se efectuará in situ, por lo que se procederá de la siguiente manera:

- 1.- Se descargará los patrones y se esperará un tiempo determinado para su estabilización (aproximadamente 30 minutos).
- 2.- Comprobar el número de serie del equipo para su figuración en el certificado que se emitirá posteriormente.
- 3.- Evaluar el estado general del banco de potencia (cadenas, sensores inductivos, freno de corrientes, etc...)
- 4.- Una vez esperado el tiempo establecido para la estabilización de los patrones se procederá a medir el diámetro del rodillo de salida, o el que va anclado al freno de corrientes, con el circómetro o cinta de trazos flexibles. Esto se realizará cinco medidas en cada una de las tres zonas del rodillo: lateral derecho, centro y lateral izquierdo alternativamente.
- 5.- Hacer una estimación de los valores de fuerza nominal que aplicaremos al banco de potencia según la ecuación: 
$$F_n = m \cdot d \cdot \frac{2}{\phi}$$
- 6.- Se montará la BARRA02 en el disco de freno del banco de potencia con dos tornillos de métrica M15. Para fijar la barra se montará un inclinómetro digital sobre la misma para aproximarse lo máximo posible a la horizontal.

7.- Se medirá las alturas de la barra  $h_1$  y  $h_2$  correspondiente al diámetro del eje y la altura desde el eje a la parte superior de la BARRA02 respectivamente. Para esto se usará el calibre tipo pie de rey y la sonda de profundidad.

8.- Se colocará el contrapeso en la parte posterior de la BARRA02 para conseguir en el display una medida lo más próxima posible a cero.

9.- Se colocará el mayor patrón de masa (30kg) en el último punto de calibración (1623mm). Se medirá el ángulo que forma la barra con la horizontal en este punto con el inclinómetro digital.

10.- Colocar las masas patrón en las diferentes ranuras empezando por la menor y acabando por la mayor (desde 5kg en muesca 1 hasta 30 kg en muesca 3). La siguiente medida se realizará en sentido inverso. Se volverá a repetir estos pasos hasta completar las cinco medidas necesarias.

11.- Desmontar la BARRA02 de calibración.

12.- Hacer una estimación de los valores de distancia o de número de vueltas necesarias según el cálculo:  $n = \frac{1000}{\pi \cdot \phi}$  para 1000m;  $n = \frac{2000}{\pi \cdot \phi}$  para 2000m;  $n = \frac{3000}{\pi \cdot \phi}$  para 3000m.

13.- Limpiar el lateral izquierdo del rodillo de salida y colocar una pegatina reflectante sobre el rodillo.

14.- Colocar el contador de vueltas en el lateral izquierdo del rodillo sobre el bastidor del banco de potencia, orientando el sensor óptico hacia la zona donde se encuentra la cinta reflectante.

15.- Comprobar, haciendo girar varias veces el rodillo, que el contador mide correctamente, de no ser así, se cambiará la orientación del sensor óptico.

16.- Colocar el coche sobre el rodillo y hacerlo girar algunas vueltas para un correcto giro sin desplazamientos laterales.

17.- Disponer el banco de potencia en la pantalla “Recorrido” y dar una vuelta al rodillo hasta quedarse justo antes de la pegatina reflectante.

18.- Poner a cero el contador de vueltas y comenzar el ensayo.

19.- Se medirá cada distancia independientemente, esto quiere decir que se pondrá a cero cada vez completamos una medida. Se repetirá cinco veces cada medida independiente (1000m, 2000m y 3000m).



---

21.- Recoger todo el material y colocar para su transporte.

## 5.4. Cálculo de la incertidumbre asociada a la medición

### 5.4.1. Cálculo de la incertidumbre asociada al sistema de medida de fuerza

La expresión de la incertidumbre de medida se realizará siguiendo los criterios de la guía EA-4/02. Se calculará a partir de las distintas magnitudes de entrada.

La ecuación modelo para la corrección calculada en un punto genérico  $i$  será:

$$C_i = F_{oi} - \bar{F}_i + \delta_{rep} + \delta_{montaje} + \delta_{resol} + \delta_{flexión} + \delta_{acoplamiento} + \delta_{rodillo} \quad (5.5)$$

donde

$C_i$  corrección final de la calibración del punto  $i$

$F_{oi}$  valor nominal del patrón en el punto  $i$

$\bar{F}_i$  valor de la lectura del banco de potencia en el punto  $i$

$\delta_{rep}$  es la corrección debida a la repetición de las medidas tomadas con su desviación.

$\delta_{resol}$  es la corrección debida a la resolución del banco de potencia. Esta corrección se considera de valor cero, pero con contribución a la incertidumbre.

$\delta_{montaje}$  es la corrección debida a la posible falta de horizontalidad de la barra de calibración debida a la desalineación de los puntos de anclaje con el punto de apoyo para la aplicación de la fuerza de referencia. Esta corrección se considera con valor cero pero con contribución a la incertidumbre.

$\delta_{flexión}$  es la corrección debida a la posible diferencia entre la fuerza a medir y el par producido por el utillaje, esta diferencia se debe a la flexión de la barra de calibración por el material con el que se ha fabricado. Esta corrección se considera de valor cero, pero con contribución a la incertidumbre.

$\delta_{acoplamiento}$  es la corrección debida a la falta de axialidad entre el centro de giro del útil y el centro de los taladros realizados y las holguras existentes por las posibles tolerancias. Esta corrección se considera de valor cero, pero con contribución a la incertidumbre.

$\delta_{rodillo}$  es la corrección debida al rozamiento de los rodillos del banco de potencia con los apoyos, esto puede alterar el valor de la potencia del vehículo ya que tiene que ejercer un mayor par para un mismo valor. Por todo esto se debe tener en cuenta para el

proceso de calibración. Esta corrección se considera de valor cero, pero con contribución a la incertidumbre.

- **Componentes de la incertidumbre**

Clasificaremos estas componentes según la guía ENAC de “Cálculo de incertidumbre de medida en las calibraciones” en Tipo A ó B. Según esta clasificación se calculará la expresión de su incertidumbre.

La evaluación Tipo A de la incertidumbre típica se utiliza cuando se han realizado  $n$  observaciones independientes de una de las magnitudes de entrada  $X_i$  bajo las mismas condiciones de medida. Si este proceso de medida tiene suficiente resolución, se podrá observar una dispersión o fluctuación de los valores obtenidos.

La evaluación Tipo B de la incertidumbre típica es la evaluación de la incertidumbre asociada a un estimado  $x_i$  de una magnitud de entrada  $X_i$  por otros medios distintos al análisis estadístico de una serie de observaciones. La incertidumbre típica  $u(x_i)$  se evalúa aplicando un juicio científico basado en toda la información disponible sobre la posible variabilidad de  $X_i$ . Los valores que caigan dentro de esta categoría pueden derivarse de

- datos obtenidos de mediciones anteriores;
- experiencia o conocimientos generales sobre el comportamiento y las propiedades de los materiales e instrumentos relevantes;
- especificaciones de los fabricantes;
- datos obtenidos de calibraciones y de otros certificados;
- incertidumbres asignadas a los datos de referencia obtenidos de manuales.

En el caso que nos ocupa, se basará en experiencia y conocimientos del LABITV para los cálculos de este tipo de incertidumbre.

### **Cálculo de la $u_{of}$**

Incertidumbre debida al patrón como Tipo B, y se calcula a partir de la fuerza del patrón.

Cálculo de la fuerza ejercida por el patrón correspondiente al peso ( $m_i$ ) colocado a una distancia determinada ( $d_i$ ):

$$F_{oi} = \frac{2 \cdot m_i \cdot d_i \cdot g}{\phi} \quad (5.6)$$

Calculando la incertidumbre típica por la fórmula general de propagación de incertidumbre obtenemos:

$$u_{oi}^2 = \left(\frac{\partial F}{\partial m_i}\right)^2 \cdot u_{m_i}^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial d_i}\right)^2 \cdot u_{d_i}^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial \emptyset}\right)^2 \cdot u_{\emptyset}^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial g}\right)^2 \cdot u_g^2 \quad (5.7)$$

$$u_{oi}^2 = \left(\frac{2dg}{\emptyset}\right)^2 \cdot u_{m_i}^2 + \left(\frac{2mg}{\emptyset}\right)^2 \cdot u_{d_i}^2 + \left(\frac{-2mdg}{\emptyset^2}\right)^2 \cdot u_{\emptyset}^2 + \left(\frac{2md}{\emptyset}\right)^2 \cdot u_g^2 \quad (5.8)$$

Para el cálculo de la incertidumbre, la expresión que nos da  $u_{m_i}$  sera:

$$u_{m_i}^2 = u_{m_o}^2 + u_{m_{der}}^2 \quad (5.9)$$

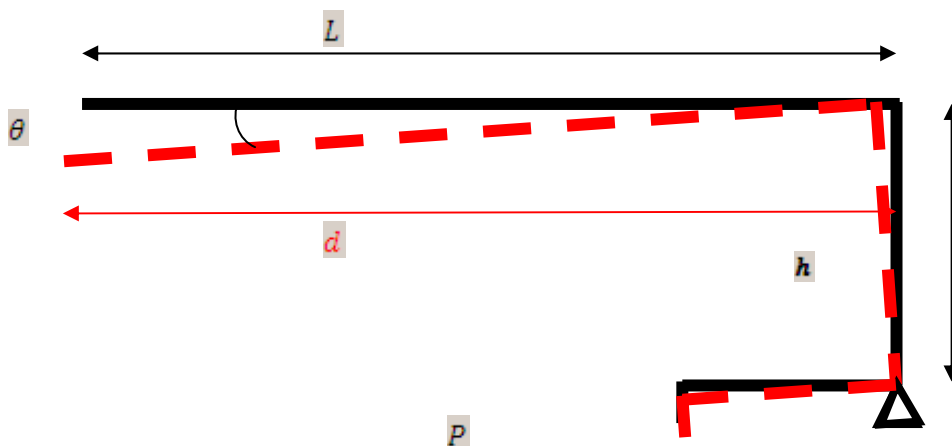
Siendo  $u_{m_{der}}$  el valor de la incertidumbre debido a la deriva temporal del patrón, dado el uso que se hará de las masas, se puede establecer una deriva de  $u_{m_{der}} = 40 \text{ gr}$

Donde  $u_{m_o}$  se obtiene a partir de la incertidumbre del certificado del patrón, y la obtenemos con un factor de cobertura  $k = 2$  (Ver anexo III)

$$u_{m_o} = \frac{U_m}{k} \quad (5.10)$$

Para el cálculo de la expresión que nos da  $u_{d_i}$  obtenemos:

Por la flexión de la barra la longitud se calculará a partir de la siguiente expresión:



---

 Ilustración 5.8. Variación de las distancias en la barra de calibración.

$$d = h \cdot \text{sen}\theta + L \cdot \text{cos}\theta \quad (5.11)$$

No se tiene en cuenta el cálculo de la diferencia de la distancia del punto de aplicación P, ya que esta diferencia es la misma tanto para nuestro patrón como para la viga en la que aplicamos la fuerza perteneciente al banco.

El ángulo  $\theta$  se medirá sobre la barra situada en el banco de potencia con un inclinómetro calibrado, se medirá una única vez en el punto más desfavorable de la medición, esto quiere decir en el punto de mayor valor de calibración.

La altura  $h$  se medirá con un pie de rey, y se compondrá por los valores de  $h_1$  (valor del diámetro del eje en el que se realiza la medida de  $h_2$ ) y  $h_2$  (altura de la parte superior del eje de giro hasta la parte superior de la barra de calibración donde se apoyan las masas patrón). El cálculo de  $h$  por lo tanto será:

$$h = \frac{h_1}{2} + h_2 \quad (5.12)$$

La incertidumbre asociada a las variables  $h$  y  $L$ ,  $u_h$  y  $u_L$  serán para la primera:

$$u_h^2 = \left(\frac{\partial h}{\partial h_1}\right)^2 \cdot u_{h_1}^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial h_2}\right)^2 \cdot u_{h_2}^2 \quad (5.13)$$

$$u_h^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot u_{h_1}^2 + u_{h_2}^2 \quad (5.14)$$

La incertidumbre para  $u_{h_1}$  y  $u_{h_2}$  será la asociada al pie de rey con el que se ha medido cada distancia. Para  $u_L$  será la incertidumbre global reflejada en el certificado de la barra (Ver Anexo III) al igual que para  $u_\theta$ .

La incertidumbre final asociada será:

$$u_d^2 = \left(\frac{\partial d}{\partial h}\right)^2 \cdot u_h^2 + \left(\frac{\partial d}{\partial L}\right)^2 \cdot u_L^2 + \left(\frac{\partial d}{\partial \theta}\right)^2 \cdot u_\theta^2 \quad (5.15)$$

$$u_d^2 = (\text{sen}\theta)^2 \cdot u_h^2 + (\text{cos}\theta)^2 \cdot u_L^2 + (h \cdot \text{cos}\theta - L \cdot \text{sen}\theta)^2 \cdot u_\theta^2 \quad (5.16)$$

Concluimos entonces que:

$$u_{L_{total}}^2 = u_L^2 + u_{L_{der}}^2 \quad (5.17)$$

Donde  $u_L$  y  $u_{\theta}$  se obtiene a partir de la incertidumbre del certificado del patrón, y la obtenemos con un factor de cobertura  $k = 2$ .

$$u_L = \frac{U_L}{k} \quad (5.18)$$

$$u_{\theta} = \frac{U_{\theta}}{k} \quad (5.19)$$

Siendo  $u_{L_{der}}$  el valor de la incertidumbre debida a la deriva temporal del patrón. Considerando los estudios anteriores del laboratorio de calibración consideramos este valor como 1 mm.

Cálculo de la incertidumbre asociada al diámetro del rodillo  $u_{\phi}$

Para verificar el diámetro de los rodillos, se realizarán 5 medidas en cada punto considerado en el procedimiento, el rodillo a medir será el solidario al freno de corrientes. Cinco medidas en cada uno de los extremos y en la zona central del rodillo.

Ya que el valor lo obtenemos por medio de una serie de 15 observaciones, esta incertidumbre se calculará a partir del tipo A.

El valor medio del diámetro será:

$$\bar{\phi} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} \phi_i \quad (5.20)$$

La desviación típica asociada a cada punto viene dada por:

$$S_{\phi} = \sqrt{\frac{1}{14} \sum_{i=1}^{15} (\phi_i - \bar{\phi})^2} \quad (5.21)$$

El valor de la incertidumbre típica asociada a cada punto será por lo tanto:

$$u_{\phi}^2 = u_{\phi}^2 + \frac{S_{\phi}^2}{15} + u_r^2 \quad (5.22)$$

$u_o$  será la incertidumbre asociada al instrumento de medida, en este caso el circómetro, entre el factor de cobertura ( $k = 2$ )

$$u_o = \frac{U_o}{k} \quad (5.23)$$

$u_r$  será la incertidumbre debida a la rugosidad del rodillo. En el caso del banco de potencia a calibrar se puede considerar que este valor es cero pero con contribución a la incertidumbre, ya que los rodillos son de acero pulido sin apenas rugosidades.

El valor final de la incertidumbre asociada a la medida del rodillo será el máximo de los valores obtenidos en cada una de las medidas.

Calculo de la incertidumbre asociada a la gravedad  $u_g$

Esta incertidumbre es la asociada a los máximos y mínimos de la gravedad en el territorio español. Dado que estos valores se pueden considerar de la misma probabilidad, se le asocia una distribución rectangular. Esta incertidumbre es de Tipo A, por lo que según la “Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medida” este valor vendrá dado por la expresión:

$$u_g = \frac{g_{max} - g_{min}}{\sqrt{12}} \quad (5.24)$$

**Cálculo de la  $u_{rep}$**

La incertidumbre asociada a las repeticiones de las medidas ( $X_{ij}$ ), incertidumbre de Tipo A:

$$\bar{X} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 X_i \quad (5.25)$$

Siendo  $\bar{X}$  la media de los valores tomados registrados en la pantalla asociada al banco de pruebas. La desviación típica de cada punto viene dado por la expresión:

$$S_X = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (X_i - \bar{X})^2} \quad (5.26)$$



La incertidumbre asociada a las medidas observadas en pantalla será:

$$u_{\bar{X}}^2 = \frac{S_{\bar{X}}^2}{5} \quad (5.27)$$

Quedando entonces:

$$u = \frac{1}{\sqrt{5}} \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (X_i - \bar{X})^2} \quad (5.28)$$

Este valor corresponderá a cada una de los puntos de medida en el que se realizan 5 repeticiones.

#### Cálculo de la $u_{res}$

Cálculo de la incertidumbre asociada a la resolución del equipo, por lo que podemos expresarla como una distribución rectangular y de Tipo B.

El valor de la incertidumbre viene dada, según la guía de “Expresión de la Incertidumbre de Medida en las Calibraciones” a la que hacemos alusión en todo el documento, por la expresión:

$$u_{res}^2 = \frac{1}{12} (res - 0)^2 \quad (5.29)$$

En el caso de este tipo de medidas, tenemos dos componentes de la incertidumbre de resolución, la debida a la medida tomada, y la debida al cero mecánico que se realiza. Por lo tanto este valor será el doble.

$$u_{res}^2 = 2 \cdot \frac{1}{12} (res)^2 \quad (5.30)$$

Obteniendo:

$$u_{res} = \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{3}} \cdot res^2 \quad (5.31)$$

### Cálculo de la $u_{\text{montaje}}$

Es la incertidumbre debida a la posible falta de horizontalidad de la barra de calibración, causada por la desalineación de los puntos de anclaje. Esta incertidumbre se considera de Tipo B y con distribución rectangular.

Se puede considerar que la máxima falta de horizontalidad que un técnico puede detectar con un nivel de burbuja es de  $\theta = 3^\circ$ . Con lo que se considerará el punto más desfavorable con esta variación con respecto a la horizontal.

La máxima distancia a la que se sitúa una masa patrón es de 1622 mm, por lo que el cálculo será la diferencia entre la distancia teórica en horizontal y la real:

$$\partial_d = L - L \cdot \cos\theta \quad (5.32)$$

$$\partial_d = 1622 - 1622 \cdot \cos 3 = 2,22 \text{ mm} \approx 2,3 \text{ mm}$$

La variación de la fuerza que supone esta distancia es para el caso más desfavorable, con la masa máxima aplicada, de:

$$\partial X = \frac{2 \cdot m_{\text{max}} \cdot \partial_d}{\phi} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 0,0023}{\phi} = \frac{0,138}{\phi} \text{ kg} \quad (5.33)$$

Lo que supone una incertidumbre de:

$$u_{\text{montaje}}^2 = \frac{1}{12} (\partial X - 0)^2 \quad (5.34)$$

Considerando que esta variación se encuentra entre 0 y  $3^\circ$ .

$$u_{\text{montaje}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{0,138}{\phi} \quad (5.35)$$

### Cálculo de la $u_{\text{flexión}}$

Es la incertidumbre debida a la diferencia existente entre la fuerza ejercida por el vehículo ( $m_{veh}$ ) y la calculada a partir del par producido por el utillaje ( $m_{cal}$ ).

$$m_{cal} = \frac{2 \cdot m_i \cdot d_i}{\phi} \quad (5.36)$$

Esta incertidumbre se debe a la deformación por flexión a la que es sometida la barra de calibración y por lo tanto la diferencia entre el valor teórico y el real que se está aplicando al instrumento a calibrar.

Estudios del laboratorio LABITV han permitido establecer un valor constante de esta incertidumbre de:

$$u_{flexión} = 0,3 \text{ kg}$$

#### Cálculo de la $u_{acoplamiento}$

Esta incertidumbre es la debida a las tolerancias de fabricación con respecto a la axialidad de los tornillos de acoplamiento con respecto al eje de giro del rodillo.

Teniendo en cuenta las tolerancias normales de fabricación, puede decirse que la desviación es de  $\pm 3 \text{ mm}$ . Estudiando lo que esta variación afecta a la fuerza ejercida por nuestro patrón (estudio similar al cálculo de la incertidumbre de montaje, pero dando valores aproximados del diámetro de rodillo) se observa un valor de  $\pm 0,57 \text{ kg}$ .

Teniendo en cuenta que este valor puede variar entre el máximo y el mínimo del dato estudiado, consideramos equiprobable los valores, por lo tanto los datos se guiarán por una distribución cuadrada y de Tipo B, la incertidumbre asociada será:

$$u_{acoplamiento} = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot (0,57 - (-0,57)) \approx 0,33 \text{ kg} \quad (5.37)$$

#### Cálculo de la $u_{rodillo}$

La incertidumbre asociada al rodillo es debida a los rozamientos del rodillo con los apoyos en los rodamientos, así como las holguras posibles entre ambos.

Para poder calcular esta incertidumbre primero tenemos que tener en cuenta el coeficiente de rozamiento entre la rueda y el rodillo, por las características del rodillo estimamos este coeficiente de 0,6. Por lo tanto la fuerza que ejerce el vehículo será de:

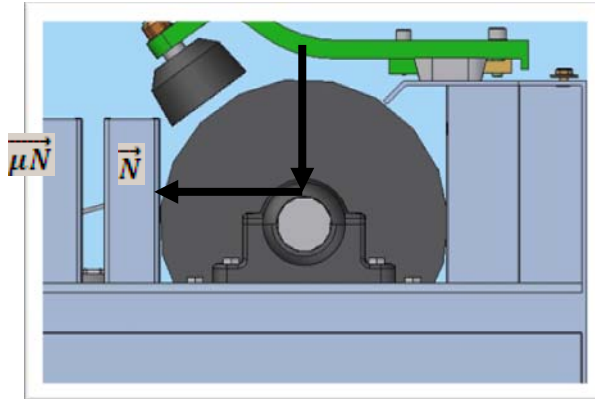


Ilustración 5.9. Dirección y sentido de la fuerza normal sobre el rodillo.

$$\vec{F}_r = \mu \cdot \vec{N} \quad (5.38)$$

$$\vec{N} = \frac{\vec{F}_r}{\mu} = \frac{\vec{F}_r}{0,6} \quad (5.39)$$

Conociendo la carga vertical podemos obtener la fuerza de rozamiento entre el rodillo y los apoyos, asumiendo un nuevo coeficiente de rozamiento entre estos dos de 0,002.

$$u_{\text{rodillo}} = \frac{0,002 \cdot m_r}{0,6} \quad (5.40)$$

### ***Cálculo del factor de cobertura k***

Es el factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre típica de la medida para obtener una incertidumbre expandida de la medición.

Este cálculo se realizará según el Anexo E: Factores de cobertura derivados de los grados de libertad del documento “Expresión de la Incertidumbre de Medida en las Calibraciones” CEA-ENAC-LC/02 Rev.01 de Enero 98

El procedimiento para calcular un factor de cobertura  $k$  adecuado cuando se cumplen las condiciones del Teorema Central del Límite, incluye las siguientes tres etapas:

Obtención de la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida según el procedimiento.

Estimación de los grados efectivos de libertad  $v_{ef}$  de la incertidumbre típica  $u(y)$  asociada a la estimación de salida  $y$ , utilizando la fórmula de Welch-Satterthwaite

$$v_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum_1^n \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \quad (5.41)$$

Con  $u(y)$  es la contribución a la incertidumbre de la estimación de salida

$u_i(y)$  es la incertidumbre de Tipo A, en nuestro cálculo únicamente tiene en cuenta la incertidumbre de repetibilidad y teniendo en cuenta un valor de  $v_i = n - 1$  con  $n = 5$  repeticiones en el caso que nos ocupa.

La incertidumbre de Tipo B puede considerarse que  $v_i \rightarrow \infty$

La obtención del factor de cobertura  $k$  se realiza a partir de la tabla de valores que a continuación se describe. Esta tabla de valores se basa en una distribución T-Student y evalúa la probabilidad de cobertura del 95,45%.

$v_{ef}$	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	$\infty$
$k$	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2

Tabla 5.1. Factor de cobertura  $k$  para una probabilidad del 95,45%

Este factor de cobertura se calculará para cada punto en concreto de la medición, si fueran en todo los puntos igual a 2, este valor se expresará de forma global en el certificado, si no fuera así, se expresará cada punto con su factor de cobertura.

Considerando todas las variables de entrada, se tiene la siguiente expresión:

$$U = k \cdot u(C_i) = k \cdot \sqrt{u_{OF}^2 + u_{rep}^2 + u_{res}^2 + u_{montaje}^2 + u_{flex}^2 + u_{acoplamiento}^2 + u_{rodillo}^2} \quad (5.42)$$

El resto de contribuciones según el Anexo C “Fuentes de incertidumbre de Medida” como por ejemplo las condiciones ambientales, se considera despreciable por la naturaleza del equipo a verificar.

#### 5.4.2. Cálculo de la incertidumbre asociada al sistema de medida de distancia o velocidad

La expresión de la incertidumbre de medida se realizará siguiendo los criterios de la guía EA-4/02. Se calculará a partir de las distintas magnitudes de entrada.

La ecuación modelo para la corrección calculada en un punto genérico  $i$  será:

$$C_i = D_{oi} - \bar{D}_i + \delta_{res} + \delta_{rep} \quad (5.43)$$

donde

$C_i$  corrección final de la calibración del punto  $i$

$D_{oi}$  valor nominal del patrón en el punto  $i$

$\bar{D}_i$  valor de la lectura del banco de potencia en el punto  $i$

$\delta_{res}$  es la corrección debida a la resolución del instrumento a calibrar. Esta corrección se considera de valor cero, pero con contribución a la incertidumbre.

$\delta_{rep}$  es la corrección debida a la repetición de las medidas tomadas con su desviación.

Según la ley de propagación de incertidumbres del apartado 4 de la guía CEA-ENAC-LC/02, y considerando que las magnitudes de entrada no están correlacionadas, tenemos:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y) \quad (5.44)$$

Evaluándolo en nuestro banco de potencia, obtenemos entonces:

$$u^2(C_i) = u_{od}^2 + u_{rep}^2 + u_{res}^2 \quad (5.45)$$

Teniendo en cuenta el Anexo C de la guía, las incertidumbres restantes se consideran nulas por la naturaleza del equipo a calibrar, como pueden ser la falta de calidad del montaje, las condiciones externas, etc...

**Cálculo de  $u_{od}$**

Es la incertidumbre del patrón de distancia que se calcula a partir del número de vueltas que recorre el rodillo, contadas por el contador de vueltas y el diámetro del rodillo medido por el circómetro.

Se calcula a partir de la ecuación:

$$d_i = n \cdot \pi \cdot \phi \quad (5.46)$$

Calculando la incertidumbre típica por la fórmula general de propagación de incertidumbre obtenemos:

$$u_{od}^2 = \left( \frac{\partial d}{\partial n} \right)^2 \cdot u_n^2 + \left( \frac{\partial d}{\partial \phi} \right)^2 \cdot u_{\phi}^2 \quad (5.47)$$

$$u_{od}^2 = (\pi \cdot \phi)^2 \cdot u_n^2 + (n \cdot \pi)^2 \cdot u_{\phi}^2 \quad (5.48)$$

Donde  $u_n$  es la incertidumbre asociada al contador de vueltas. Esta incertidumbre es la probabilidad de que un rodillo recorra algo menos de una vuelta en el momento de la parada. Por ello la incertidumbre del contador de vueltas será de  $u_n = 1$

El cálculo de  $u_{\phi}$  será el mismo que el realizado en el apartado 4.3.1.

#### Cálculo de $u_{rep}$

La incertidumbre asociada a la repetición de las medidas ( $X_{ij}$ ), incertidumbre de Tipo A:

$$\bar{D} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 D_i \quad (5.49)$$

Siendo  $\bar{X}$  la media de los valores tomados registrados en la pantalla asociada al banco de pruebas. La desviación típica de cada punto viene dado por la expresión:

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (D_i - \bar{D})^2} \quad (5.50)$$



La incertidumbre asociada a las medidas observadas en pantalla será:

$$u_D^2 = \frac{S_D^2}{5} \quad (5.51)$$

Quedando entonces:

$$u_{rep} = \frac{1}{\sqrt{5}} \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (D_i - \bar{D})^2} \quad (5.52)$$

Este valor corresponderá a cada una de los puntos de medida en el que se realizan 5 repeticiones.

#### **Cálculo de la $u_{res}$**

Cálculo de la incertidumbre asociada a la resolución del equipo, por lo que podemos expresarla como una distribución rectangular y de Tipo B.

El valor de la incertidumbre viene dada, según la guía de “Expresión de la Incertidumbre de Medida en las Calibraciones” a la que hacemos alusión en todo el documento, por la expresión:

$$u_{res}^2 = \frac{1}{12} (res - 0)^2 \quad (5.53)$$

$$u_{res} = \frac{res}{2\sqrt{3}} \quad (5.54)$$

#### **Cálculo del factor de cobertura $k$**

Este cálculo se realizará de manera similar que el anterior apartado.

Considerando todas las variables de entrada, se tiene la siguiente expresión:

$$U = k \cdot u(C_i) = k \cdot \sqrt{u_{od}^2 + u_{rep}^2 + u_{res}^2} \quad (5.55)$$



## 6.- MANTENIMIENTO

---

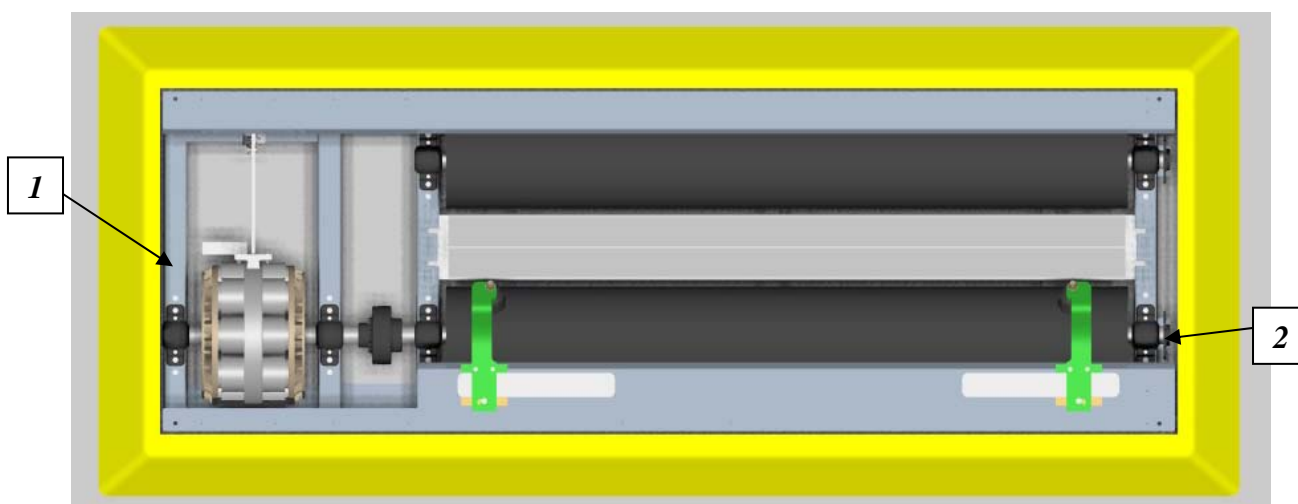


## 6.1. Juego de rodillos

Se recomienda revisar el juego de rodillos, cada 200 horas de servicio, o una vez al año. La revisión del juego de rodillos incluye los anclajes, así como la totalidad de la tornillería del juego de rodillos. Cada vez que se ponga en servicio el banco de ensayos debe comprobarse el estado de los tornillos de las chapas de cubierta.

## 6.2. Freno de corrientes parásitas

El freno de corrientes parásitas (1) debe engrasarse cada 400 horas de servicio, y hasta que el lubricante salga del tubo de escape de aire.



*Ilustración 6.1. Vista superior del banco de potencia.*

## 6.3. Rodamientos de los rodillos

Los rodamientos de carcasa (2), en total 6, están provistos con racores de engrase que deben engrasarse una vez al año.

## 6.4. Grupo hidráulico

Se recomienda el cambio de aceite del grupo hidráulico cada 2 años y lubricar/engrasar rieles de deslizamiento cuando sea necesario.

## 7.- CONCLUSIONES

---





La realización de este Proyecto Fin de Carrera permitió desarrollar un procedimiento de uso específico para un banco de potencia de la marca BOSCH y modelo FLA 203. En este procedimiento se describe claramente la instrumentación necesaria para el uso, así como los pasos a seguir, para una correcta realización, de las diferentes pruebas que permite el banco de ensayos. Este procedimiento es totalmente práctico y con capacidad de uso.

En un segundo apartado se ha diseñado la instrumentación principal para la calibración específica del mismo banco de potencia. Para ello se ha usado la herramienta SOLID EDGE® en la versión 19. El diseño virtual ha consistido en la instalación del útil de calibración sobre el propio banco de potencia. Para lo que se ha duplicado en 3D el elemento principal de medición, el conjunto bastidor-rodillos-freno de corrientes.

En el diseño del útil se han tenido en cuenta distinto tipo de factores físicos, de fabricación y relativas a la ergonomía de uso. Obteniendo en último punto el útil óptimo para el uso en calibración.

A continuación, se ha diseñado un procedimiento de calibración dividido en dos fases. La primera, realizado en modo estático, se encarga confirmar el estado de la medición de la célula de carga por el medio de la sustitución del par ejercido por el neumático del vehículo, por el que ejerce una masa patrón aplicada a una distancia conocida.

El segundo, realizado en modo dinámico, se encarga de confirmar el estado de medición de los sensores magnéticos. Se compara una distancia determinada con la que detecta el banco, leyendo el número de vueltas que ha recorrido el rodillo.

Por último, se ha calculado, siguiendo la normativa ENAC EA-4/02 la incertidumbre asociada a las medidas de calibración, obteniendo los cálculos de la incertidumbre expandida para una futura realización real de la calibración.

## **8.- DESARROYOS FUTUROS**

---

---

En cuanto a las posibles mejoras a la hora de calibrar el equipo se podrías hablar de diferentes aspectos:

- La realización de un ensayo para la calibración en modo dinámico, utilizando una llanta dinamométrica, para poder obtener valores conjuntos de fuerza y velocidad.
- Otra posible variación para la misma calibración sería la aplicación de una frecuencia mediante un generador de funciones y así combinarlo con la prueba estática de este documento de fuerza.
- La fabricación del útil de calibración, pudiendo así realizar ensayos reales y poder contemplar algunas posibles variaciones que se hayan dejado de lado en este documento.

Hasta aquí se han comentado algunas de las posibles variaciones en el desarrollo de la calibración, pero las posibilidades para un banco de potencia de este tipo son enormes debido en parte a las posibilidades de medición que presenta y queda abierto este apartado para futuras sugerencias.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- GARZÓN DE NICOLÁS, Jaime. “Banco para la medida del par y la potencia de un vehículo”. Proyecto Fin de Carrera: Universidad Carlos III de Madrid, 1998.
- MUÑOZ GRACIA, Francisco. “Cálculo teórico-práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil”. Madrid: Editorial Dossat, S.A, 1974.
- CABRERIZO SIMÓN, Javier. “Estudio del comportamiento de una moto en un banco inercial”. Proyecto Fin de Carrera: Universidad Carlos III de Madrid, 2005.
- CABRERIZO SIMÓN, Cesar. “Puesta a punto de un banco de motos inercial”. Proyecto Fin de Carrera: Universidad Carlos III de Madrid. 2005.
- BRAVO SAN JUAN, Miguel Ángel. “Instrumentación y análisis de un banco de ensayos de motores alternativos”. Proyecto Fin de Carrera: Universidad Carlos III de Madrid. 2006.
- CAÑAS MARTÍN, Iván. “Instrumentación y diseño del software de control y análisis de un banco de ensayos para motores alternativos”. Proyecto Fin de Carrera: Universidad Carlos III de Madrid. 2000.
- TECNER INGENIERÍA, S.A. “Banco de rodillos para ensayo de motocicletas TX-200: *Manual*”. Madrid. 1993.
- AMARILLA, Guido. “Performance systems software development measurement devices: *Artículos Técnicos*”. IC Code. 2005.  
[http://www.iccode.com.ar/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=19&Itemid=34](http://www.iccode.com.ar/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=19&Itemid=34).
- SOFT-ENGINE, S.R.L. “Los bancos de prueba de potencia Soft-Engine”. Italia. 2005.  
<http://www.soft-engine.com/pagine.web/spagnolo/banco01.htm>
- LABORDA, Roberto; MÁRQUES, Nieves; RECALDE, Dagmar L. ; TOLSA, Roberto. “Servicio integrado de prevención y salud laboral”. Universidad Politécnica de Valencia. Iniciativas e innovación S.L.L. 2007.  
<http://www.sprl.upv.es/msmecanico5.htm#p210>
- J. MEZCUA, A. GIL Y R. BENARROCH, Instituto Geográfico Nacional. “Estudio Gravimétrico de la Península Ibérica y Baleares”. Ministerio de Fomento. 1996.
- ENAC, EA-4/02; Guía para la expresión de la incertidumbre , 1997



# **ANEXO I: CURVAS DE POTENCIA**

---



## **ANEXO II: PLANOS ACOTADOS DE LOS ÚTILES DE CALIBRACIÓN**

---